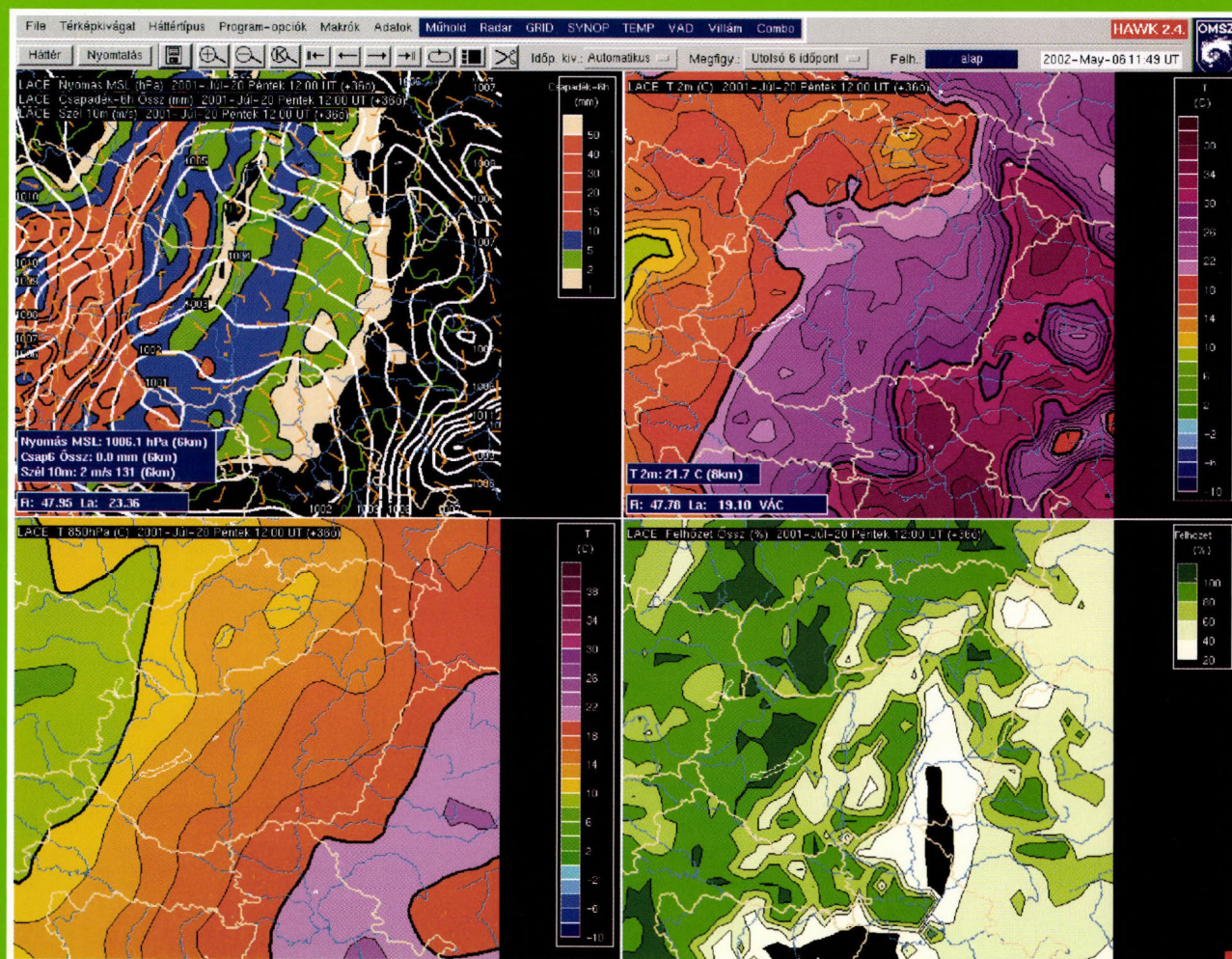


L É G K Ö R

XLVIII. évfolyam

2003. 1. szám



METEOROLÓGIAI VILÁGNAP, 2003

MINISZTERI ÉS OMSZ KITÜNTETÉSEK

(Cikk a 2. oldalon)



Az ünnepség elnöksége – Középen Kőrödi Mária miniszter



Szepesi Dezső Schenzl-díjat kapott



Hunkár Márta (Pro Meteorologia)



Horváth Ákos (Pro Meteorologia)



Varga Miklós (Pro Meteorologia)



Hédl András, Brennbergbánya (OMSZ kitüntetés)



Béri Ilona, Balatonkeresztúr (OMSZ kitüntetés)



Középen: Király Gáborné, Kisvárd (OMSZ kitüntetés)

Megjelenik negyedévenként

XLVIII. évfolyam
1. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bussay Attila
Bóna Márta
Dunay Sándor
Dr. Haszpra László
Hunkár Márta
Ihász István
Mezősi Miklós
Németh Péter
Schirokné Kriston Ilona
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Mersich Iván, az OMSZ elnöke

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

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1120 Ft

Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon:

*Az ALADIN modell előrejelzett mezői a
2001. július 19. 00 UTC-s futtatás alapján*

*Az ábrán a következő előrejelzett mezők láthatók:
bal felső kép: a nyomási-, szél- és csapadémező,
bal alsó kép: a 850hPa-os szint hőmérsékleti mezeje,
jobb felső kép: 2 m-s szint hőmérsékleti mezeje,
jobb alsó kép: összfelhőzet eloszlása*

Hunkár Márta: METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2003.	2
Czelnai Rudolf: Miről beszélne Neumann János ezen a Meteorológiai Világnapon?	4
OLVASTUK: A Mars jégrétegei	8
Zsótér Ervin: Prognózis értékelési rendszer az OMSZ Előrejelző Osztályán	9
Dobosi Erzsébet, Jenki Szilvia, Ujváry Katalin: A 2001. év sikertelen prognózisai	18
Ádám Ferenc, H. Bóna Márta, Kocsis Ferenc: Mi mennyi? – A meteorológiai prognózisok interpretálásában	22
Schirokné Kriston Ilona: A 2002. év időjárása	30
Dr. Mersich Iván: Dr. Stollár András (1935 – 2003)	34
OLVASTUK: Negyedszázada indult el az első Meteosat műhold	34
Hágel Edit, Ács Ferenc: A számítógépek alkalmazása az agrometeorológia oktatásában	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	38
OLVASTUK: Növekszik Földünk lapultsága?	38
KISLEXIKON	38
Schirokné Kriston Ilona: 2002. őszenek időjárása	39

„ÉGHAJLATUNK JÖVŐJE”

METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2003.

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) konvenciójának 1950. március 23-i hatályba lépésére emlékezünk minden évben a Meteorológiai Világnapon. Az idei év témája „Éghajlatunk jövője”. Az éghajlat alapvető fontosságú az élet fenntartásában a Földön, mivel jelentős hatása van az élelmiszertermelésre, az élet- és vagyonvédelemre, a vízkészletekre, a szabadidő eltöltésére valamint a fenntartható fejlődésre. Ráadásul az éghajlat bizonyos mértékig befolyásolja az emberek hangulatát, jellemét, sőt még gondolkodásmódjukat és kultúrájukat is. Mindemellett egyre bizonyosabbá válik, hogy az emberiség megváltoztatja a Földet körülvevő vékony levegőréteg jellegét, beleavatkozva ezáltal az éghajlat alakulásába. Ezeknek a gondolatoknak a jegyében került megrendezésre az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Meteorológiai Társaság közös szervezésében a március 24-i ünnepség. **Dr. Mersich Iván** elnök megnyitója után **Dr. Kóródi Mária** környezetvédelmi és vízügyi miniszter mondott beszédet, melyben méltatta a meteorológusok szerepét az éghajlat megfigyelésében és értékelésében.

A Világnapon, amikor a Föld minden táján megemlékeznek a meteorológiáról, nemcsak a szakmai kihívásokról beszélünk, hanem köszönetet mondunk azoknak is, akik egy emberöltőn keresztül a meteorológia területén munkálkodtak. A miniszter asszony átadta a **Schenzl Guidó Díj** és a **Pro Meteorologia Emlékplakett** miniszteri kitüntetések.

Ez évben **Schenzl Guidó Díjat** kapott **Dr. Szepesi Dezső** a földtudományok doktora, címzetes egyetemi tanár a levegőkörnyezet minőségének tudományos vizsgálatában elért eredményeiért. Dr. Szepesi Dezső meteorológus oklevelet 1955-ben szerzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Abban az évben az Országos Meteorológiai Intézet (később Szolgálat) Időjárási Kutató Osztályán kezdett dolgozni. Az 1960-as évek közepétől szakmai érdeklődése a levegőszennyeződés terjedésével kapcsolatos kérdések felé fordult és ezen a témán dolgozik mind a mai napig, 1991-től főhivatású vállalkozóként. Mintegy 100 tudományos értekezés és 4 könyv szerzője.

A miniszter **Pro Meteorologia Emlékplakett** tüntette ki **dr. Horváth Ákost**, az OMSZ Kutatási és Fejlesztési Főosztályának munkatársát az elméleti meteorológiai kutatási eredmények gyakorlati alkalmazásba történő sikeres megvalósításáért. Dr. Horváth Ákos az ELTE meteorológus szakán 1984-ben szerzett diplomát, s ettől kezdve az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa, ahol a Siófoki Viharjelző Obszervatórium-ban az operatív tevékenység során szerzett tapasztalata-

it az időjárás ultra-rövid távú előrejelzésének módszertani kidolgozásában folyamatosan hasznosítja. Tudományos eredményei alapján 1992-ben kandidátusi fokozatot szerzett. Az OMSZ-nál kidolgozott nowcasting és ultra-rövidtávú előrejelző rendszer, mely a korlátozott számú meteorológiai megfigyelésekből előállítja az időjárási helyzet és a légköri paraméterek bármely földrajzi pontra történő meghatározását dr. Horváth Ákos irányításával és személyes munkájával került megvalósításra. Tudását a meteorológus képzésben is hasznosítja, az ELTE Meteorológia Tanszékén évek óta oktatja a mezoszínoptika tantárgyat.

Pro Meteorologia Emlékplakett miniszteri kitüntetést kapott **dr. Hunkár Márta**, az OMSZ tudományos titkára az agrometeorológia terén kifejtett eredményes tevékenységéért, a meteorológia tudományának népszerűsítéséért és a partnerintézményekkel való hatékony kapcsolattartásért. Dr. Hunkár Márta 1978-ban szerzett diplomát az ELTE matematika tanári és meteorológus szakán. Munkáját az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Előrejelző Intézetében kezdte a Középtávú Időjárás-előrejelző Osztályon. 1981-ben Keszthelyre került az OMSZ Agrometeorológiai Kutatóállomására, ahol a kísérleti és elméleti agrometeorológia terén dolgozott. Kutató munkája a növényi produkció modellek, növényállományok mikroklimája, növényi kártevők modellezése és a klímaváltozás agroökoszisztémára gyakorolt hatásainak vizsgálatára terjedt ki. 1985-ben egyetemi doktori oklevelet, majd 1996-ban PhD. fokozatot szerzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. 1988-1999 között meghívott előadó a Pannon Agrártudományi Egyetemen. 1999-től az OMSZ Elnökségén, mint tudományos titkár tevékenykedik.

Pro Meteorologia Emlékplakett kitüntetésben részesült **Varga Milós** nyugalmazott osztályvezető, az aerológiai mérések hosszú időn át magas színvonalon történt megvalósításáért, a szakmai közösségben végzett odaadó munkájáért. Varga Miklós az ELTE meteorológus szakán 1956-ban szerzett diplomát. Ezt követően agrometeorológusként dolgozott a gyakorlati mezőgazdaságban, majd 1958-tól az Országos Meteorológiai Intézet (később Szolgálat) Biometeorológiai Osztályán. Nem sokkal később azonban az Intézet Marczell György Aerológiai Obszervatóriumába került, ahol a magaslégtér megfigyelésekben alkalmazott rádiószondás méréseket végezte, eleinte beosztottként majd 1975-től 1990-ig, nyugdíjbavonulásáig az Aerológiai Osztály vezetőjeként. Pályafutása alatt többször is sor került a szondák típusainak korszerűsítésére, ami minden esetben technológiai váltást

jelentett. Az egyre nehezedő ellátási körülmények között Varga Miklós sikerrel biztosította a mérések folyamatosságát. Nyugdíjas éve alatt szakértőként a Meteorológiai Múzeum rádiószondás anyagát gondozta, gyarapította lelkesen. A Magyar Meteorológiai Társaság választmányi tagjaként a szakmai közösség elismert vezetői közé tartozik.

Ezúton is gratulálunk a kitüntetetteknek!

A miniszteri kitüntetések átadása után *dr. Mersich Iván* az OMSZ elnöke, a hagyományokhoz híven elismerő oklevelet és jutalmat adott át azon társadalmi észlelőknek, akik sok évtizeden át kitartó, szorgalmas munkájukkal nagyban hozzájárultak a meteorológiai megfigyelésekhez. Az idén kitüntetésben részesült:

Csonka Józsefné, Ecsegről. Ecseg szép fekvésű település a Cserhát keleti lábánál. A csapadékmérő állomás 1948-ban létesült a községben. Az akkori katolikus plébános kezdte a méréseket, de áthelyezése miatt, rá egy évre átadta Csonka Józsefné, Magdolna néninek a teendőket, aki azóta is, immáron 54 éve lelkiismeretesen és pontosan végzi ezt a munkát. E hosszú idő alatt mérés nem maradt ki, mivel távolléte esetén férje helyettesítette. Sajnos betegsége miatt nem tudott eljönni az ünnepségre. Az oklevelet és jutalmat megbízottunk adja át.

Hédl András és neje, Brennbérgbánya-Görbehalomról. Magyarország legnyugatibb határszélén, erdők és dombok között fekszik Brennbérgbánya-Görbehalom, a Soproni hegység legszebb része. Hédl András 54 éve az akkori kerületvezető erdész kollégájától vette át a csapadékmérő állomás vezetését, amit felesége segítségével ma is lelkiismeretesen ellátnak. Az elmúlt több mint 50 év alatt sok időjárási jelenséget megfigyeltek és feljegyeztek, de talán az egyik legemlékezetesebb 1979 április 18-a, amikor a viharos ÉNY-i szél egy 140 éves lucfenyő állományt 1 hektárnyi területen tövestül kidöntött.

Béri Ilona, Balatonkeresztúrról. A Balaton déli partján, annak is a nyugati végén található Balatonkeresztúr. A mérések a községben 1934-ben kezdődtek, amikor is az akkori Meteorológiai Intézet

Vöröskőy István kántortanítót bízta meg az észleléssel. 1951-ben amikor elhelyezték Balatonkeresztúrról, kolléganőjét Béri Ilona tanárnőt kérte fel a mérések folytatására. Ilonka néni azóta is nagy érdeklődéssel és pontossággal végzi részünkre ezt a feladatot. Az elmúlt 52 év időjárási eseményeiről, az állomás történetéről több oldalas visszaemlékezést készített a részünkre, amit nagyon köszönünk és felhasználunk az állomás történetének feldolgozásánál.

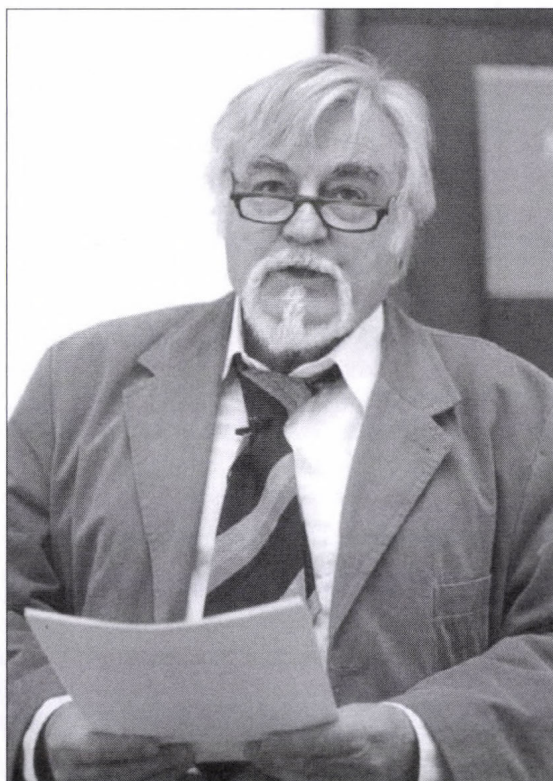
Király Gáborné, Kisvárdáról. A Magyar-Ukrán határtól 20 km-re Kisvárdán már 1901-ben csapadékmérő állomás létesült. Az Állami Növénynevelő Telepen, a jelenlegi Kutató Intézetben 1950 április 1-től létesített klíma állomást az akkori Országos Meteorológiai Intézet. Még az év második felében íróműszereket (hőmérséklet, nedvesség, szél, csapadék, napfény) telepítettek az állomásra és három észlelővel, napi négyszeri szinoptikus észlelés is volt. Ekkortól végeztek kiterjedt agrometeorológiai észleléseket, párolgás és zúzmamamérést, valamint a tenyészidőszak alatt folyamatos talajnedvesség-mérést. Király Gáborné, Évike 1964-ben került a Kutató Intézetbe és 1965-ben kérték fel, hogy legyen az állomás egyik észlelője, majd 1972-ben állomásvezetője.

Köszönjük mindannyiuknak a sok évtizedes munkát és bízunk benne, hogy még hosszú évekig munkatársaink soraiban üdvözölhetjük most kitüntetett észlelőinket.

A díjátadási ceremónia után az ünnepségen résztvevő közönség meghallgathatta *Czelnai Rudolf* akadémikus előadását, aki az éghajlatunk jövőjéről szóló gondolatait összekötötte Neumann János szerepének méltatásával, aki nemcsak a számítástechnikában, de a meteorológia és az éghajlati kutatások terén is mély gondolatokat fogalmazott meg.

Az ünnepség zárásaként *dr. Mersich Iván* fogadást adott a kitüntetettek tiszteletére.

Hunkár Márta



Czelnai Rudolf akadémikus ünnepi előadása

Miről beszélne Neumann János ezen a Meteorológiai Világnapon?

Idén ünnepeljük Neumann János születésének 100-éves évfordulóját. Életművéről az érintett tudományterületek hazai művelői az év folyamán sorozatos megemlékezéseket tartanak és ebből mi sem maradhatunk ki, mert Neumann János hozzájárulása a meteorológia fejlődéséhez éppen a két legfontosabb meteorológiai feladat kapcsán alapvető fontosságú volt. E két feladat az időjárás prognosztika, illetőleg a klímaváltozás kutatása. Mai világnapi témánkhoz az utóbbi problémakör kapcsolódik.

Kevesen tudják, hogy még abban is Neumann János játszotta a kulcsszerepet, hogy az antropogén klímaváltozás témája viszonylag korán az amerikai politikai és tudományos elit látókörébe került¹. Ez úgy történt, hogy 1955 júniusában a Fortune című amerikai folyóirat „Can We Survive Technology?” (Túlélhetjük-e a technikát?) címmel lekötölte Neumann Jánosnak azt a cikkét, mely sokak szerint az elmúlt évtizedek legtöbbször idézett cikkeinek egyike lett. A szóbeszéd szerint Anderson szenátor állandóan a zsebében hordta.

Ez a cikk voltaképpen egy biztonságpolitikai elemzés, mely a technikai fejlődés hosszú távú veszélyeiről szól. Arról, hogy földgolyónk gyorsan érlelődő krízis felé tart, mert fogytán a tér, melyben ez a fejlődés helyet keres magának. A cikkben felvetett súlyos kérdések sorában az éghajlat esetleges megváltozásának témája egyesek számára valószínűleg kissé komolytalannak tűnhetett, de Neumann János – vállalva a hitetlenkedők megjegyzéseit – éppen arra mutatott rá, hogy ha lehetségessé válik az éghajlat gépezetébe való emberi beavat-

kozás, akkor ebből olyan problémák származhatnak, melyekhez képest az összes korábbi biztonságpolitikai problémák (beleértve a nukleáris háborút is) egyszerűnek tűnhetnek.

Az említett cikkben a klímaváltozás témájáról csak röviden történik említés, de ez nem jelenti, hogy Neumann János számára ez a kérdés mellékes lett volna. Sőt, nagyon is érdekelte őt, ami abból is kitűnik, hogy röviddel az említett cikk megjelenése után éppen ő indította el Amerikában az első komoly klímaváltozással kapcsolatos kutatási programot.

Ez 1955 októberében történt, azon a korszakalkotó jelentőségű klímadinamikai konferencián, melyet Neumann János kezdeményezésére Princeton-ban tartottak². A konferenciát Robert Oppenheimer, az Institute for Advanced Study igazgatója nyitotta meg és beszédében felidézte az atombombával kapcsolatos Los Alamos-i összejöveteleket. Ezzel kapcsolatban tett kijelentése miszerint a Los Alamos-ban tárgyalt problémához (atombombához) képest a légköri mozgások dinamikája sokkal bonyolultabb, akkor még meglepetést kelthetett. Ma már mindenki tudja, hogy egyáltalán nem túlzott.

A konferencián Neumann János is tartott egy rövid előadást „Some remarks on the problem of forecasting climate fluctuations” címmel. Ebben többek közt a rövid-, közép- és hosszú távú meteorológiai előrejelzések problémáinak különbségeit fejtegette. – A következőket mondta: A rövidtávú előrejelzés kezdeti érték probléma, ezzel szemben a hosszú távú előrejelzés (mivel olyan időtávra vonatkozik, amelyen belül a kezdeti információ disszipálódik)

határfeltétel probléma, a közép-távú előrejelzés pedig mindkettő egyszerre. Ezért az első feladat a legkönnyebb és a harmadik a legnehezebb. És most őt idézem: „Első találkozásunkon, kilenc évvel ezelőtt az Institute for Advanced Study épületében, ezzel a filozófiával a fejünkben a rövidtávú előrejelzés kérdését vitattuk meg. Azóta nagyot haladtunk előre és most úgy érezzük, hogy már felkészültek vagyunk arra, hogy belépjünk az Általános Léggörzsben mutatkozó fluktuációk előrejelzésének területére.” (Tehát már 1946-ban felmérte a probléma megközelítésének stratégiáját.)

Mint fentebb már említettem, Neumann János az antropogén klímaváltozás problémáját elsősorban biztonságpolitikai kockázatként fogta fel. Tudni lehet, hogy ez annak idején nem került el az érintett amerikai politikusok figyelmét, sőt később sem felejtették el!

Amikor 1976 január 16-án formálisan létrejött az U.S.A. Nemzetvédelmi Egyeteme (National Defense University), az új intézmény első nagy tanulmányának tárgyául az „Éghajlatváltozás 2000-ig” című projektet választották³. E projekt keretében hét országból 24 vezető klimatológus véleményét kérték ki egy sor gondosan megfogalmazott kérdéssről. A tanulmány jelentőségét kiemeli, hogy ekkor szerveződött meg annak a kutatógárdának a magja, amely a következő évtizedekben ezen a területen vezető szerephez jutott.

Fontos, hogy jól modellezzünk, de még fontosabb, hogy jól megértjük: mit akarunk modellezni!

A közismert klisé szerint Neumann János számára az időjárás előrejelzése csak egy oppor-

¹ Hart, D., D.Victor (1993) Scientific elites and the making of US policy for Climate Change Research 1957-1974. Social Studies, SAGE London, Vol. 23, p. 643-680.

² Richard Pfeffer (editor): Dynamics of Climate. The Proceedings of a Conference on the Application of Numerical Integration Techniques to the Problem of the General Circulation, held October 26-28, 1955. Pergamon Press.

³ Climate Change to the year 2000. A survey of expert opinion. Fort Lesley J. McNair, Washington, D.C. 1978.

tunus alkalmazási feladat volt, melyre csak azért esett a választás, mert több szempontból is éppen megfelelt az első elektronikus számítógép teljesítőképességének bemutatására.

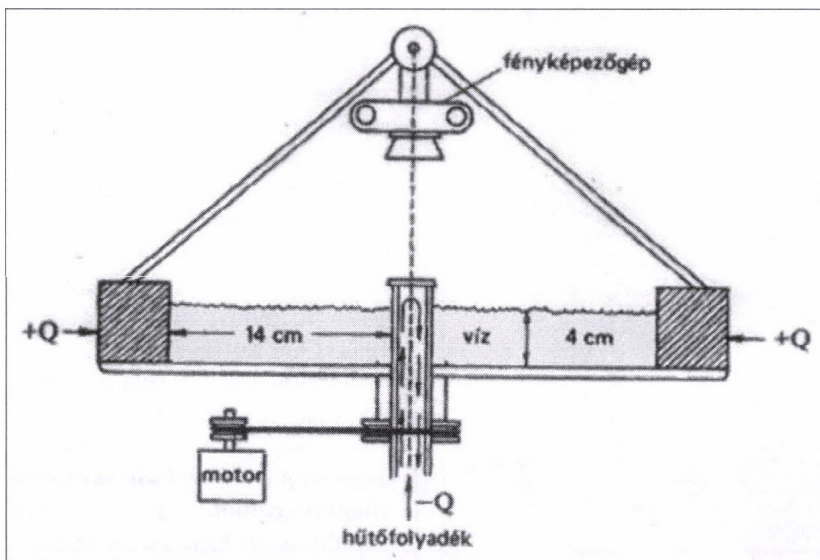
Kortársai azonban, és különösen azok, akikkel együtt dolgozott, másként emlékeznek. Pl. *Joe Smagorinsky*⁴, aki Neumann János ösztönzésére kezdett az általános légköri modellezésével fog-

se céljából végzett. Megértette, hogy a **Rossby hullámok** természetének feltárása a kulcs az általános légköri legfontosabb sajátosságainak megértéséhez. Mert, mint mondotta: „fontos, hogy jól modellezzünk, de még fontosabb, hogy jól megértsük: mit akarunk modellezni!”

Az 1. ábrán az említett forgómedencés kísérlet Dave Fultz-féle változatát látjuk. A medencét

sebessége, **W** a forgás szögsebessége, „**a**” pedig egy hasonlósági paraméter).

A forgási sebesség és a termikus cirkuláció sebessége közötti viszonytól függően eltérő áramlási képek alakulnak ki. Amíg a **Ro** érték elég nagy, megmaradhat az egycellás toroid, de a termikus cirkulációhoz zonális komponens adódik. A Rossby-szám további csökkenésével a toroid-szerű cirkuláció egy külső övre korlátozódik, melynek belső határa mentén kialakul egy „jet”, vagyis gyors zonális folyamtszerű áramlás, amely meanderezni kezd. A Rossby-számtól függően változik a jet helyzete és az azon kialakuló hullámok száma (tipikusan 3 – 6 hullám alakul ki). A jet egyúttal frontálzóna is, melynek mentén meleg és hideg folyadék áramlik egymás közvetlen közelében. A folyadék felszínére műanyag szemcséket szórva az áramlás láthatóvá tehető és lefényképezhető (2. ábra). A kívülről befelé irányuló (meridionális) hőtranszportot a külső övben a toroid-szerű cirkuláció végzi, a „jet” mentén és azon belül viszont a hullámokról leszakadó nagy horizontális örvények veszik át ugyanezt a feladatot.

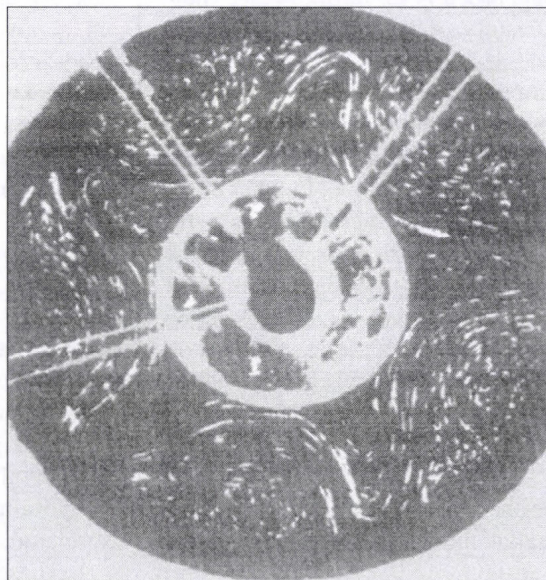


1. ábra: A Rossby-féle forgó medence keresztmetszeti rajza

lalkozni, azt emelte ki, hogy Neumann János igyekezett mélyre hatolni az adott meteorológiai témában. Pl. átlátta, hogy az éghajlat alakulása szempontjából nemcsak az a fontos, hogy a Napból érkező energiának mekkora hányada adódik át a földi rendszer egészének, hanem az is, hogy az egyenlőtlenül betáplált energia hogyan osztható el az Általános Légköri és Óceáni Vízköri mechanizmusai által.

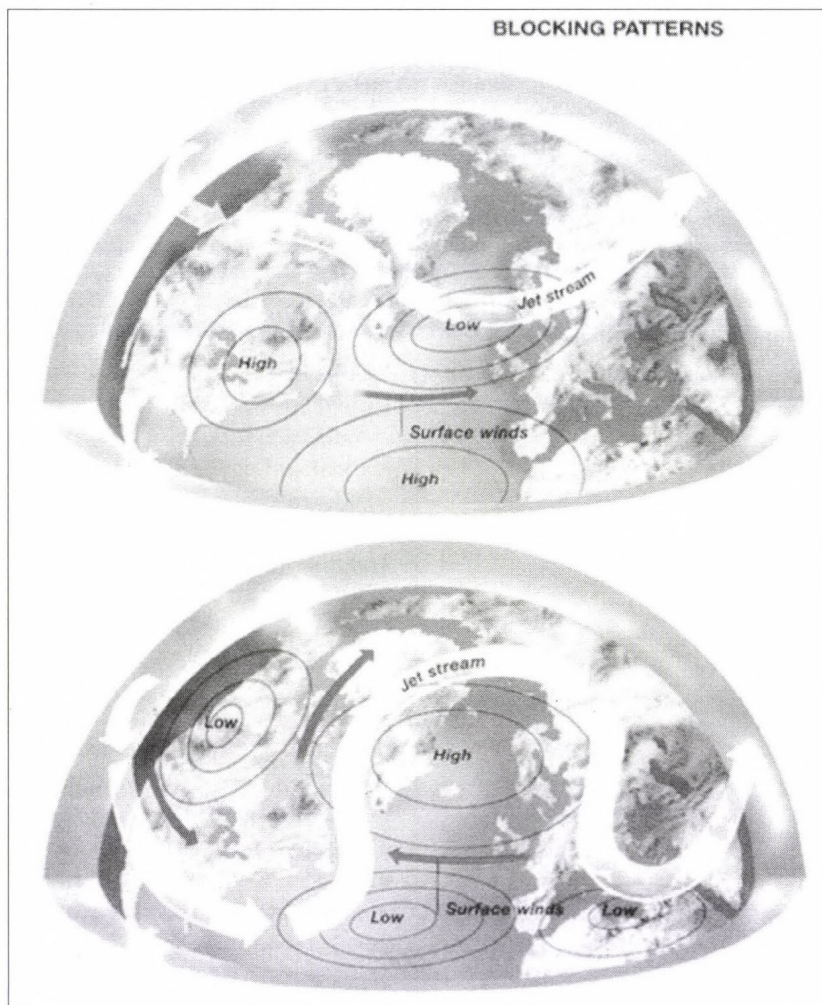
Nemcsak a számítási feladatot látta maga előtt, hanem az a mögött sokak számára rejtve maradó fizikai alapproblémát is felmérte. Pl. felismerte azoknak a forgómedencés kísérleteknek a jelentőségét, amelyeket Carl Rossby a később róla elnevezett planetáris légköri hullámok laboratóriumi modellezé-

egy fűtött gyűrű veszi körül, közepén pedig egy külön csőben hűtőfolyadék kering. Ha a medence nem forog, az így előállított hőmérsékletkülönbség hatására toroid-szerű* termikus cirkuláció jön létre. A fűtött perem mentén feláramlás indul, a hűtött belső mag körül pedig leáramlás. E „termikus” cirkuláció” sebessége a hőmérsékleti kontraszt-tól függ. Ha a medencét forgatni kezdjük, a **Ro** = U/aW formulával leírt módon változik a helyzet (itt **Ro** az ún. „Rossby-szám”, **U** a termikus cirkuláció



2. ábra: Áramvonalak kialakulása a kísérlet során

⁴ Később ő volt a Princeton-i Geophysical Fluid Dynamics Laboratory igazgatója.



3. ábra: Rossby- hullámok

Valami ehhez hasonló történik a légkörben is (3. ábra). A „jet” hullámai (vagyis a „Rossby-hullámok”) változó alakzatokat vesznek fel attól függően, hogy az alacsonyabb és magasabb földrajzi szélességek övei között mekkora a hőmérsékleti kontraszt. (Az utóbbi függhet pl. az üvegházhatás mértékétől is.) Ily módon változhatnak a hullámok mentén végigfutó légköri ciklonok pályái, és mivel a meleg és hideg levegő keverését ezek a ciklonok végzik, a mérsékelt öv egyes körségeiben tapasztalt időjárás végső soron a ciklonpályáktól függ.

A Rossby-hullámok kérdése természetesen csak egyike az éghajlat modellezésével kapcsolatos

fontosabb fizikai alapproblémáknak. Az éghajlat gépezete ugyanis ún. „bonyolult rendszer”. Azokat a rendszereket szoktuk így nevezni, amelyeknek a komponensei között nem-lineáris kölcsönhatások vannak, és bennük – ennek következtében – ún. „önszerveződési tulajdonságok” is mutatkoznak. Nos az éghajlati rendszer esetében ezek a feltételek adóttak: pl. a légkör, az óceán és a krioszféra között kölcsönhatások működnek és a Rossby-hullámok kialakulása egy tipikus önszerveződési jelenség. Az éghajlati rendszer minden bizonnyal az elképzelhető legbonyolultabb rendszerek körébe sorolható.

Az ember okozta klímaváltozás veszélye az 50-es és 60-as években még szinte kizárólag „amerikai téma” volt. Ámde amint a feladat nehézségi fokáról közelebbi fogalmat lehetett alkotni, egyre többen rájöttek, hogy ez egy olyan feladat, melyhez nemzetközi tudományos összefogás szükséges. Ennek beindítására a döntő lépés a WMO/ICSU Globális Légkörkutató Program (GARP) keretei között történt meg, mégpedig Budapesten.

A történethez tartozik, hogy a magyar meteorológiai szolgálat keretében már 1974-ben megindítottunk egy éghajlatváltozási kutatási programot és ezzel összefüggésben 1974-ben meghívtuk Budapestre a WMO/ICSU Globális Légkörkutató Program (GARP) szervező bizottságát⁵. Ez a különlegesen tekintélyes csúcstestület a világ akkor legismertebb 12 meteorológus kutatóját foglalta magában. A budapesti ülésen született döntés arról, hogy a GARP keretében megindítják az **éghajlatkutatási világprogramot**, mely az első klímaváltozással kapcsolatos nemzetközi program volt. Ezt a programot az 1979 februárjában Genfben tartott (első) Éghajlati Világkonferencia helyezte szilárdan finanszírozott alapokra.

A politika színre lépése

A 80-as évek elejétől kezdve a WMO/ICSU együttműködés keretében csendes, de igen eredményes tudományos munka folyt és erre az időre a kutatások zavartalansága miatt sokan azóta is nosztalgiával gondolnak vissza. Hamarosan azonban nagy változások érlelődtek és azt lehet mondani, hogy egy egészen más szellemű korszak kezdődött, melyet a Kormányközi Klímaváltozási Panel (IPCC⁶) megszülése kapcsol egy világosan megjelölhető dátumhoz.

⁵ Ezt a meghívást annak tükrében kell értékelni, hogy két évvel korábban a Stockholm-i környezeti világkonferenciáról a szocialista tábor túlnyomórészt távol maradt!

⁶ IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change.

1988 derekán Málta kormánya „A globális klíma védelme a jelen és jövő generációk számára” cím alatt határozati javaslatot terjesztett az ENSZ Közgyűlése elé. Akkoriban már javában folytak a **második éghajlati világkonferencia** előkészületei és a WMO főtitkárát felszólították, hogy az ügyeket koordinálja az ENSZ Nairobiban székelő Környezetvédelmi Programjának (UNEP) főigazgatójával, Musztafa Tolba úrral.

Tolba úr a nagyvilág előtt a globális éghajlatváltozás ügyének első számú brókere kívánt lenni és bele akart szólni abba, hogy mit csinálnak a kutatók. Ezért kikötötte, hogy **a WMO és a UNEP közösen hozzon létre egy kormányközi tudományos tanácsadó szervet**, mely a kormányok számára majd áttekinti és összegezi az antropogén éghajlatváltozás kockázatával kapcsolatos tudományos információt. Ily módon a máltai előterjesztéshez ezt a javaslatot is hozzákapcsolták. Az ENSZ Közgyűlése az előterjesztést 1988 december 6-án egyhangúlag elfogadta és így született meg a 43/53 sz. ENSZ közgyűlési határozat, mely az IPCC létrehozását is szentesítette.

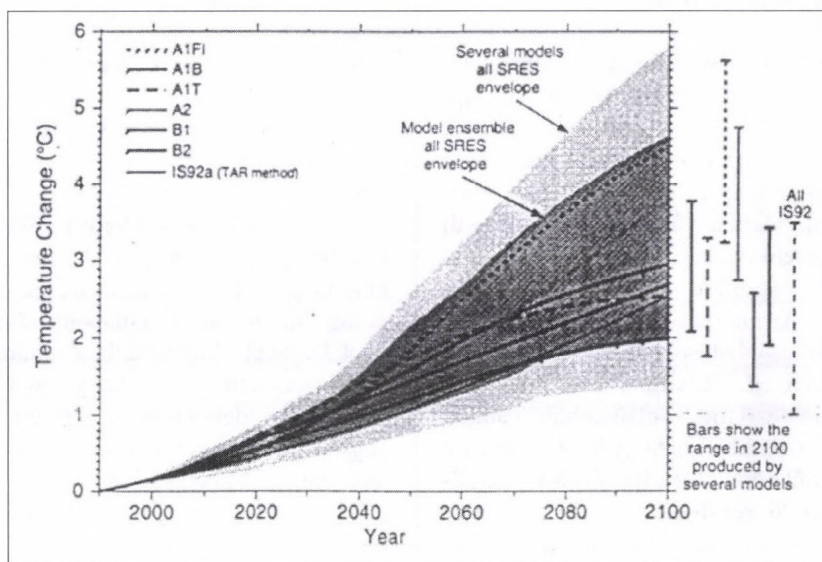
Azóta eltelt 14 év és az IPCC (továbbiakban a „Panel”) már három alkalommal (1990-ben, 1996-ban és 2001-ben) tett le egy-egy nagyon terjedelmes jelentést az asztalra. Ezek a jelentések szolgálták a nemzetközi tárgyalások alapjául 1990-ben a Második Éghajlati Világkonferencián, 1992-ben a riói csúcsertekezleten, majd a kiotói protokoll vitáján, a hágai, a bonni és legutóbb a johannesburgi találkozón.

E jelentésekbe a WMO/ICSU Éghajlatkutatási Világprogram keretében végrehajtott kutatási projektek eredményeit (és ezzel együtt sok száz kutató munkáját) „bedarálták”. A főbb következtetéseket ún.

„legeyezőábrákhoz” kapcsolták, melyeken pl. 100 évre szólóan, egy-egy legeyezőszerűen széttartó görbesereg látható. Ezek úgy készültek, hogy elővettek seregnyi forrásmunkából több száz szcenáriót, melyek az üvegházhatású gázok globális emisszióinak évről-évre történő alakulását írják le egy-egy adott népességi, technológiai és gazdasági növekedési variáns esetére. Ezután kiválogatták a legtipikusabb szcenáriókat és mindegyikhez hozzárendeltek pl. egy-egy 100-évre szóló globális átlaghőmérséklet előrejelzést. Végül kihozták azt a triviális eredményt, hogy 100 éven belül 1.5°C és 6°C határok között bármekkora melegedés előfordulhat (4. ábra).

átlaghőmérséklet lassú és fokozatos emelkedését állították fókuszpontba.

Annak, hogy a politikai gondolkodás ebbe az irányba megy, már a 80-as évek elején voltak jelei. A Neumann-tanítvány, Joe Smagorinsky, aki már aggódott emiatt, a WMO Bulletin részére 1983-ban adott interjúban⁷ arra a kérdésre, hogy miként vélekedik a kérdésről, a következőket mondta: „...még akkor is, ha a széndioxid koncentrációja mindenhol egyformán nő, a legerősebb hatások lokálisan mutatkoznak. Pl. kiszélesedhet a szubtrópusi övezet és változhatnak a ciklonpályák. Ezzel együtt változhat a csapadék területi eloszlása, vagy a jégmezők kiterjedése és ezek a lokális, vagy



4. ábra: Globális átlaghőmérséklet előrejelzések különböző szcenáriókkal

A Panel legfelső szintjén az lehetett a két fő kíváncsóság, hogy a jelentés végkövetkeztetései egyrészt legyenek közérthetőek, másrészt pedig olyasmiket ne tartalmazzanak, amik az országokat, vagy az országok egyes csoportjait szembeállíthatják. Tehát pl. nem volt ajánlott arról beszélni, hogy egy esetleges éghajlati válság a feleket különbözőképpen érintheti. Ennek a filozófiának kitűnően megfelelt az, hogy a várható klímaváltozás kockázatának leírásában a globális

regionális változások sokkal fontosabbak, mint a globális átlaghőmérséklet változása, mivel ezektől függ pl. az, hogy az egyes helyeken milyen növényeket lehet termelni.”

Úgy tűnik, hogy ezt a problémát a szakmán kívül állók egyáltalán nem értik, és talán ennek tulajdonítható, hogy az elmúlt években sokan tettek kísérletet arra, hogy a Panel legeyezőábráiból következtessenek a várható helyi éghajlatváltozásokra, vagyis olyasmire akarták használni a Panel jelenté-

⁷ WMO Bulletin, 1983. okt. 32.évf. 4.sz. (277-290)

seit, amire azok nem lehettek alkalmasak, mert nem is ilyen célra készültek. A kisebb, szegényebb, önálló nemzeti éghajlati programmal nem rendelkező és épp ezért megfelelően tájékozódni nem tudó országok szakemberei, egyéb támpontok hiányában, eddig úgy szólván csüggték a Panel jelentéseiben. Hinniük kellett abban, hogy ezeket a jelentéseket alapul véve „nemzeti stratégiát” lehet kidolgozni a lehetséges klímaváltozások következményeinek csökkentésére, vagy teljes kivédésére. Ami kevés pénz az ilyen tárgyú kutatásokra rendelkezésükre állt, azt jól elaprózva ebbe a feneketlen kútba dobták.

Új fejlemények

Itt tartanánk most is, de szerencsére a klímaváltozás kockázatával kapcsolatos tájékozódás lehetősége az utóbbi időben drámaian megjavult és rajtunk múlik, hogy teljes mértékben felismerjük-e az új lehetőségeket. Három új fejleményt kell számításba vennünk:

Az első az, hogy a légkör-óceán kölcsönhatások kutatása az elmúlt évtized folyamán új alapokra helyeződött, elsősorban annak köszönhetően, hogy létrejött egy jól működő **globális óceán megfigyelő rendszer**. Ez utat nyit egy igazán nagy frontáttöréshez az általános légkörzés modellezése terén, beleértve ebbe a helyi és regionális változások vizsgálatát. (Rossz fényt vet a Panel-re, meg a WMO vezetésére is, hogy ezt a fejleményt nem kezelik a fontosságához illő módon.)

A második nagyon jelentős fejlemény az, hogy Amerikában 2002 elején létrehoztak egy magas szintű tárcaközi bizottságot két ún. „gyorsító program” beindítására. Az első egy **éghajlatváltozási tudományos program** (ez foglalja magában a meteorológiai és oceanográfiai részt), a második pedig egy éghajlatváltozási technológiai program. A

konkrét tervekkel kapcsolatban, melyek szerint rögtön nem is egy, hanem két nagy éghajlat-modellező központot létesítenek, 2002. december 3-5 között Washingtonban értekezletet tartottak. Ezen magyar részről *Major György* vett részt, aki ott azt hallotta, hogy azért hoznak létre párhuzamosan két központot, mert nem jó, ha egyetlen csapat monopolhelyzetbe kerül. (E gyorsító programot beindítása egyébként arra is utalhat, hogy a Panel tevékenységével szemben már túl nagy lett az elégedetlenség.)

Egy érdekes apróságra szeretném felhívni a figyelmet. Az említett Washingtoni értekezletre a WMO főtitkárát is meghívták és lehetőséget adtak neki arra, hogy az értekezlet megnyitásakor mondjon egy üdvözlő beszédet. Ennek szövegét ugyancsak megkaptuk, tehát össze tudjuk hasonlítani a főtitkár úr világnapi üzenetével. És azt tapasztalhatjuk, hogy a kettő között lényeges tartalmi eltérések vannak.

Az eltérések okait illetően sokféle találgatás lehetséges, de anélkül, hogy ebbe belemennénk egy dolog biztos: az éghajlatváltozás kockázatával kapcsolatban már régen tapasztalható volt, hogy más a szöveg attól függően, hogy nemzeti, vagy széles nemzetközi audienciának szánják. Ebben az esetben csak annyi történt, hogy a WMO főtitkára – aki okos politikus – két beszédének tartalmi különbségeivel maga bizonyította be a számunkra, hogy jól tesszük, ha körültekintően tájékozódunk és nem hagyatkozunk vakon egyetlen forrásra, még akkor sem, ha az az egyetlen forrás esetleg éppen ő maga.

A harmadik jelentős fejlemény, mely új helyzetet teremt a számunkra, természetesen az EU kibővülése. Ez sok mindenre kihat és belátható időn belül maga után vonhatja, hogy az EU keretében működő tudományos műhelyek összefogásával az óceán innenső felén is létrejön egy, vagy több, nagyon komoly éghajlatváltozási

kutatási központ. Ezek döntő fontosságú új tájékoztató pontok lesznek.

Ha Neumann János itt lenne közöttünk, valószínűleg azt mondaná, hogy az éghajlatváltozás kérdése ma is elsősorban biztonságpolitikai probléma. És azt tanácsolná, hogy tegyünk meg mindent az alapos és folyamatos tájékozódás érdekében. Hozzátenné, hogy erre a legbiztosabb módszer az, ha fiatal szakembereket készítünk fel arra, hogy bekapcsolódhassanak a témában vezető szerepet játszó amerikai és európai kutató központok munkájába.

Czelnai Rudolf

OLVASTUK

A Mars jégrétegei

John Mustard (Brown Egyetem) és kollégái a Mars északi pólussapkájának réteges szerkezetét tanulmányozták. Az eltérő színű rétegek keletkezését a lerakódott anyag eltérő por/jég arányával modellezték. Számításaik szerint átlagosan 0,5 mm/év lerakódási sebesség jellemezte a területet, így a teljes 2,4 km vastagságú réteg kialakulásához 5 millió év is elegendő volt. Számításaik természetesen csak közelítőek, de az elmondottak alapján geológiai értelemben rövid idő alatt rakódott le a pólussapka anyaga. Hasonló elemzést a déli pólussapkára nem sikerült készíteni, mert annak más a szerkezete. A déli sapka területén látható kráterek alapján az északnál lényegesen idősebb, a fenti időskálából kiindulva nagyságrendileg 10 millió éves.

Űrkaleidoszkóp 2002. December

H. Bóna Márta

* * *

PROGNÓZIS ÉRTÉKELÉSI RENDSZER AZ OMSZ ELŐREJELZŐ OSZTÁLYÁN

Bevezetés

Az Országos Meteorológiai Szolgálat előrejelző osztályán természetesen már évtizedekkel ezelőtt értékelték a prognózisokat. A 90-es évek végéig azonban ezek nem alkottak egységes rendszert, időszakonként más és más módszerrel végezték őket, mindenkor nagy volt a kézi beavatkozás igénye, és sokszor az értékelés maga teljesen az adott értékelő személy szubjektív megítélésén múltott.

Ebben a helyzetben jelentős változást hozott az 1998-ban, az IEO-n (az akkori Időjárás Előrejelző Osztály) bevezetett új prognózis rendszer. Ebben az addigi szöveges alapprognózisokat egy kódolt, számokat tartalmazó prognózis fájl váltotta fel. Az egységes, automatizált és objektív verifikációs rendszer kialakítása szempontjából tehát az előrejelzéseknek ilyen módon megoldott, digitális adathordozón történő megadása volt az első nagy „lökés”. Ezáltal megszűnt annak problémája, hogy a csak szöveges formában előálló prognózist milyen módon kategorizáljuk, hogyan számszerűsítsük, ugyanakkor az sem mellékes, hogy adathordozóra történő bevétel kézi munkája is jelentősen leegyszerűsödött.

Az új verifikációs rendszert 1999. elejétől fejlesztettük ki. Eredetileg az alapvető cél az előrejelzők által nap, mint nap készített, kódolt alapprognózisok értékelése volt. A kezdeti időszak után azonban már nem csak az előrejelzők prognózisait verifikáltuk, hanem időközben az ECMWF*, majd az ALADIN* modellekből készülő, ugyanolyan formájú kódolt előrejelzéseket is.

A verifikációs rendszert csak úgy volt érdemes kialakítani, hogy egyrészt az értékelő algoritmusok teljesen objektívek legyenek, az egységesség, a személyes benyomástól való függetlenség biztosítva legyen, másrészt ugyanilyen fontos, hogy lehetőleg kézi beavatkozás nélkül, automatikusan készüljenek el a statisztikák, azaz ne kelljen az előrejelzéseket, vagy éppen az észlelt adatokat utólagos emberi kontrollnak, beavatkozásnak, kézi utófeldolgozásnak alávetni.

A verifikációs rendszer felépítése – a kódolt előrejelzési fájl

A kódolt előrejelzési fájlok operatíván 1998. szeptemberétől készülnek az előrejelző osztályon. A kódolt prognózis rendszere eredetileg a szerződéses ügyfeleknek küldendő prognózisok készítésének jelentős egyszerűsítésére volt hivatott. A kódokból kiindulva egyszerű programokkal különböző formájú – hagyományos szöveg, rövid SMS formájú, vagy éppen egyetlen piktogramot jelentő, stb. – prognózisok készíthetők minimális emberi beavatkozással, és nem mellékesen rövid idő alatt.

A kódolt előrejelzési fájlok különböző időszakokra és területre szóló prognózis-egységekből épülnek fel. Ezek az egységek számformátumban leírják az adott hely és időszak időjárási jellemzőit. Általában csak egy előre jelzett számérték adható, de bizonyos elemeknél két kód is megengedett. Ez egyrészt jelenthet az időszakon belül időbeli változást (felhőzet, szélirány, pára-köd), valamint szükség szerint kétféle eseményre vonatkozó kód, vagy valamilyen kombinációs lehetőség is megadható (speciális időjárási jelen-

KÓD	IDŐJÁRÁSI PARAMÉTER
FF	Felhőzet
JJ	Az időjárás különböző jelenségei, például pára, köd, hófúvás, stb.
CC	A csapadék fajtája, halmazállapota
M	A csapadékmennyiség (kategóriák)
V	5mm, 20mm csapadék valószínűsége
DDDD	Szélirány
SS	Átlagos szélesebség
GG	Maximális szélleőkés
Min	Minimum
Max	Maximum

IDŐSZAK	JELENTÉSE
Első éjszaka (0)	12-30 (18 óra), a prognózis kiadás napjának délutánjától másnap reggelig
Első nap (1)	30-48 (18 óra), a prognózis kiadás másnapját jelenti, reggeltől éjfélig
Második nap (2)	48-72 (24 óra)
Harmadik nap (3)	72-96 (24 óra)
Negyedik nap (4)	96-120 (24 óra)
Ötödik nap (5)	120-144 (24 óra)
Hatodik nap (6)	144-168 (24 óra)

I. táblázat: Az előrejelzési kód fájlban szereplő paraméterek, valamint időszakok listája. Az időhatárok a prognózis-kiadás napjának 00 órájától kiindulva vannak megadva (UTC-ben).

Körzet / időszak	Dátum	Felhő / jell. időjárás	Csapadék fajta/menny.	Szélirány	Sebesség / lökés	Minimum / maximum
128431	0305	86/ /	683/	2033	0512	0311
127721	0305	8621	682/	2033	0410	0209
128821	0305	8611	682/	2033	0411	0310
129821	0305	8/ / /	682/	2033	0512	0513
129321	0305	86/ /	683/	2033	0613	0414
128251	0305	86/ /	6841	2033	0615	0614

II. táblázat: Példa kódolt előrejelzési fájlra.

Az első napra szóló prognózis rész látható a hat magyarországi régióra. Sorrendben fentől lefelé: Budapest és környezete, Északi-középhegység, Észak-Alföld, Dél-Alföld, Dél-Dunántúl és Észak-Dunántúl.

ségek és a csapadék fajtája, halmazállapota). Egy ilyen kódsorozat formája a következő:

Körzet	Időszak	Dátum	FFJJ	CCMV	DDDD	SSGG	Min	Max
12843	2	05 04	7/6/	6 8 3 4	22//	04 11	09	21

Ebben a hely és az időszak megjelölése után a prognózis kiadásának dátuma szerepel, majd sorban a különböző időjárási elemekre vonatkozó kódok (*I. táblázat*). Az előrejelzők Magyarországra vonatkozó alapelőrejelzése **hét időszakra** (lásd *I. táblázat*) és **hat régióra** (lásd *1. ábra*) vonatkozó előrejelzés-egységet tartalmaz. A komplett kódstruktúra egy időszakra példa a *II. táblázatban* látható.



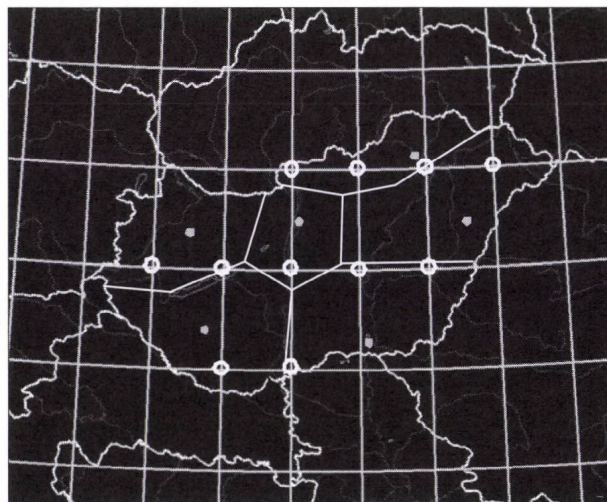
1. ábra: A hat magyarországi régió a szinop főállomásokkal

Az előrejelzési fájl formája az évek során nem változott, a tartalom viszont bizonyos mértékben igen. Egy ilyen kódsorozat előrejelzés ugyanúgy vonatkozhat egy lokális pontra, mint egy nagyobb régióra. A régiók esetében csak annyi a különbség, hogy ott területi átlag értékek szerepelnek (a régió belül átlagosan 15 fok körül várható a hőmérséklet, a csapadékmenyiség területi átlaga 2mm és 5mm között valószínű, stb.). Az előrejelzők kódolt prognózisai a kezdeti időszakban még lokális jellegűek voltak, azaz a hat terület egy-egy várost jelentett, Magyarország hat térségéből (Budapest, Miskolc, Debrecen, Szeged, Taszár, Pápa; mindegyikük egyben szinop főállomás). A későbbiekben a tartalom megváltozott, a lokális prognózisokat területre, régiókra vonatkozó, de továbbra is ugyanolyan formájú előrejelzési egységek váltották fel. Ezzel jöttek létre tulajdonképpen a régió alapprognózisok.

A változást a gyakorlati tapasztalatok indokolták. A felhasználók egy része adott helyre szóló, más részük pedig nagyobb térségekre vonatkozó előrejelzéseket igényel. A jelentősebb ügyfelek, mint például a MOL, MAVIR kifejezetten országrészekre vonatkozó prognózisokat kér, de például az autópálya építésében érdekelt cégek is nagyobb térségekben dolgoznak. Logikusabbnak tűnt tehát a rendszert szerkezeti változtatások

nélkül hatékonyabbá tenni azzal, hogy a lokális prognózisok helyett területi jellegű előrejelzések készültek. Ezáltal egyébként az ország területét teljesen le is fedtük prognózisokkal. A Magyarországon belül megkülönböztetett hat régióra szóló prognózis megfelelő alap bármilyen jellegű előrejelzés készítésére. A pontra szóló prognózist igénylő felhasználók esetében, mint például a TVK, Dunafer, vagy egy hőerőmű, ezek a régió alapprognózisok specializálhatók az adott helyre, feltéve, hogy az időjárási helyzet ezt lehetővé teszi. Ugyanis az esetek egy részében, az időjárás bizonytalansága miatt nem is igazán tudnánk a régiókon belül területi különbségeket tenni.

A modellekből (ECMWF, ALADIN) 1999 őszétől kezdődően készülnek automatikus eljárások segítségével, az előrejelzőkével megegyező formájú kódolt prognózisok. Ezek kezdetől fogva lokális jellegű, rácsponti prognózisok voltak. Egy adott városra, helyre készültek, mégpedig a legközelebbi, modellbeli rácspont adatainak felhasználásával. Persze a durvább felbontású ECMWF esetében a tapasztalatok alapján célszerűnek látszott a rácspontok közötti interpolációt használni. Budapest esetében pl. az akkoriban elérhető 1x1 fokos felbontás mellett a rácsponti adat és a rácspontok közé interpolált adat a hőmérséklet esetében időnként akár 3-4 fokkal is eltért (lásd *2. ábra*).



2. ábra: Elérhető rácsfelbontás az ECMWF modellre (OMSZ-on belül, 2002 éveleje), a hat magyarországi régióval és a régióközpontokkal

A kezdeti időszak után aztán egyre nagyobb lett a szinoptikusok igénye a modellből készülő lokális prognózisok mellett egy területi jellegű kódolt előrejelzésre is. Az előrejelzők a prognózis készítésekor ugyanis először végignéznék rengeteg, konkrét időpontra szóló, több modellből származó előrejelzési mezőt, majd a látottak alapján elkészítik saját régió prognózisait. A kódolásnál viszont már nagy könnyebbséget jelenthet, ha egy egyszerű összehasonlításra alkalmas, az elkészítendő prognózis-

sal azonos tartalmú és formájú előrejelzés is rendelkezésre áll, mintegy a modellek mezőinek kivonataként.

A modellből származtatott régió prognózisok ráadásul már teljesen korrekt módon összehasonlíthatók az előrejelzők prognózisaival. Ezáltal pontosabban tudjuk mérni azt is, hogy a szinoptikusok mennyit tudnak javítani a nyers modell előrejelzések beválásain. Ezek a területi modell prognózisok 2002 tavaszától naponta kétszer készülnek a fejlesztő osztályon, felbontástól, modelltől teljesen független módszerrel.

A kódolt előrejelzések statisztikai feldolgozásánál egyrészt az egyes régiókat külön is kiértékeljük, valamint országos összesítést is végzünk (ezzel hatszor annyi előrejelzéshez jutunk). Vannak ugyanis olyan paraméterek (például a 17 m/s-nál nagyobb széllesek esete), amelyeknél különösen fontos a minél nagyobb elemszám. Ha túl kevés eset áll rendelkezésre, akkor az eredmények nem reprezentatívak, következtetéseket ilyenkor nem érdemes belőlük levonni.

A verifikációs rendszer felépítése – megfigyelések

A verifikációs statisztikák készítésekor az előrejelzések számszerűsítésén (kódolt előrejelzési fájl) kívül szintén rendkívül fontos, hogy minél részletesebb, a lehető legmegbízhatóbb mérések álljanak rendelkezésünkre. Esetünkben a méréseket jelenleg még a magyarországi szinop főállomások óras adataiból vesszük (1. ábra). Ezeket a rövidtávra visszatekintő statisztikákat a netCDF adatbázisból olvassuk ki, a hosszabb távú, éves összesítésekhez viszont már az ellenőrzött, szükség esetén pótolat adatokat tartalmazó OMSZ adatbázist használjuk. Az előrejelzett mennyiségekhez hozzárendelhető mért értékeket a régiókon belüli állomásokból képzett területi és szükség esetén időbeli átlagok szolgáltatják. Minden paraméter esetében a megfigyeléseknél is az előrejelzések formai jellemzőit követtük.

Tisztában vagyunk azzal, hogy sok esetben a szinop főállomások térbeli felbontása nem elégséges (elsősorban a csapadék esetében). Így a jövőben a QLC automaták adatait is tervezzük felhasználni, valamint a radaros, korrigált csapadékmennyiség átlagokat is be akarjuk vonni a rendszerbe.

A verifikációs rendszer felépítése – a számításokat végző programcsomag

Az előrejelzések és a megfigyelések megfelelő szerkezetén túlmenően egy jól működő értékelő rendszerhez szükséges harmadik tényező a számításokat végző programcsomag. Esetünkben a statisztikai számításokat, még a rendszer 1998-as kezdetekor PC-s környezetben, FORTRAN nyelven íródott programok végezték. Akkor még csak a hat városra készülő prognózisokat értékeltük, így csak ezen szinop állomá-

sok adataira volt szükség. Ráadásul ezek az adatok még a statisztikai számítások készítése előtt jelentős előfeldolgozáson mentek keresztül (időbeli átlagok készültek). Ezáltal viszont a rendszer rugalmassága jelentősen lecsökkent, az értékelés módszertanában csak nehezen, vagy egyáltalán nem lehetett változtatásokat tenni. A következő évtől ezért a fejlesztés átkerült munkaállomásra, a rendszert teljesen új alapokra helyeztük. Azóta UNIX rendszer alatt, C, majd C++ nyelvű programok fejlesztése van folyamatban. Új szinop adatbázist is létrehoztunk, amiben a szükséges nyers adatok tárolódnak, ezáltal bármilyen módszertani változásnak megfelelően megoldható a szinop adatok utófeldolgozása közvetlenül a statisztikai számításokat végző programon belül.

A verifikációs rendszer felépítése – az eredmények megjelenítése

Fontos tényező az eredmények megjelenítésének kérdése is. Erre vonatkozóan az OMSZ-ban még nem készült saját fejlesztésű program. Egyelőre minden statisztikát EXCEL diagramok formájában jelenítettünk meg. Vannak összesítések, amelyek elkészítése EXCEL makro-ként automatikusan történik, és vannak olyan éves, vagy egyedileg kért statisztikák, amelyek összeállításához emberi segítségre is szükség van.

A verifikált elemek – a felhasznált verifikációs statisztikák

Jelenleg a fő időjárási elemeket verifikáljuk. Ezek a felhőzet, a csapadék egzisztenciája, mennyisége, valószínűsége, átlagos szélesség, maximális széllesek, minimum és maximum hőmérséklet. A csapadék fajtáját, a szélirányt, valamint a speciális jelenségeket, a zivartart, ködöt, párást, hófúvást, zúzmarát egyelőre még nem értékeljük. A prognózisok értékelésére számtalan statisztikai mérőszám, mutató felhasználható. Az Előrejelző Osztály prognózisai esetében a nemzetközi gyakorlatban használt statisztikák közül mi néhány fontosabbat választottunk ki, természetesen a teljesség igénye nélkül (részletes leírás az itt következő statisztikákról, több más hely mellett, az OMSZ verifikációs kiadványaiban is fellelhető):

- **Átlagos hiba (ME), átlagos abszolút hiba (MAE), átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke (RMSE), hibaeloszlások** folytonos paraméterekre
- **Kontingencia táblázat** és a hozzá kapcsolódó mérőszámok (PC, BIAS, TS, FAR, POD) kategóriákban, intervallumokban megadott előrejelzésekre.
- **Megbízhatósági diagram, Relative Operating Characteristics** és **Brier Score** valószínűségi előrejelzésekre

A következőkben a különböző verifikált elemek esetében soroljuk fel az értékelésben használt, körzetekre vonatkozó mért adatok és az előrejelzési hiba meghatározásának módját. A területi átlag képzésénél minden esetben az egyszerűség kedvéért a számtani közepet választottuk.

– **Hőmérséklet:** A hőmérsékleti előrejelzésnél (minimum, maximum) a körzethez tartozó városok mért minimum (06 UTC), vagy maximum (18 UTC) értékeiből képzett kerekített területi átlagot kivonjuk a szintén egész számként megadható előrejelzésből. Az előrejelzés hibája így csak egész szám lehet.

– **Átlagos szélesebbesség:** Az átlagos szélesebbesség esetében az előrejelzésekben és az órás szinop adatokban is m/s-ban, egész értékekben szerepel az átlagszél. Az előrejelzési hibát a körzetre előrejelzett és a tényleges, az állomások órás adataiból kiátlagolt átlagszél értékek különbségeként kapjuk. A hiba itt is csak egész értékű lehet.

– **Maximális széllelökés:** Az előrejelzésekben m/s-ban és egész számként adható meg a széllelökés. Mérsékelt széllelökésben lehetőség van arra is, hogy az előrejelző ne adjon széllelökést (/ kód), ekkor a széllelökés előrejelzést 5 m/s-nak tekintjük. Az órás szinop adatokban is m/s-ban, egész értékekben szerepel a széllelökés, sőt csak akkor, ha eléri a legalább 7, esetleg 6 m/s-ot (ezért választottuk az előbbi esetben 5 m/s-nak a széllelökés nélküli előrejelzést). Az előrejelzési hibát a körzetre előre jelzett és a ténylegesnek számított, kerekített széllelökés értékek különbségeként kapjuk. A hiba tehát ebben az esetben is csak egész szám lehet. A tényleges széllelökés meghatározásakor először minden, a körzethez tartozó állomásra meghatározzuk az időszak alatt, azon az állomáson előfordult maximális széllelökést (az óránként jelentett széllelökések közül a legnagyobb). Majd ezeket területileg átlagoljuk. Ha egy állomás esetében egyik órában sem volt széllelökés az időszak alatt, akkor 5 m/s-nak tekintjük a tényleges széllelökés értékét.

– **Felhőzet:** A felhőzetnél a verifikálás során szintén konkrét felhőmennyiség értékeket hasonlítunk össze. Az előrejelzéshez hozzárendelünk egy, az adott időszakra vonatkozó felhőmennyiség intervallumot, a tényleges időjáráshoz pedig egy-egy konkrét felhőmennyiség átlagot. Az előrejelzés hibáját a tényleges értéknek az előrejelzési intervallum széleitől mért eltérése adja meg októberben.

A kódolt prognózisban jelenleg tíz különböző felhőzeti kód közül lehet választani. Az ezekhez tartozó felhőmennyiség intervallumot a III. táblázatban tüntetjük fel. A verifikálás során minden esetben ezt az értékskálát használjuk. Ha az időszakon belül nincs időbeli

bontás, az előre jelzett felhőmennyiség a kódnak megfelelő átlag lesz. Ha bontás miatt két kódot adtak, akkor a két kódnak megfelelő felhőmennyiség szélsőértékek (alsó, felső) számtani közepét vesszük (egyszerűen két egyenlő részre osztást feltételezünk).

Felhőzeti kódok	Átlagos felhőfedettség
Derült (0):	0.0 – 1.0 okta
Gyengén felhős (1):	1.0 – 2.0 okta
Időnként megnövekvő felhőzet (2):	2.0 – 3.0 okta
Változóan felhős (3):	3.0 – 4.5 okta
Többször megnövekvő felhőzet (4):	4.5 – 5.5 okta
Felhőátvonulások (5):	3.3 – 4.7 okta
Felszakadozik, csökken a felhőzet (6):	4.5 – 6.0 okta
Gyakran erősen megnövekvő felhőzet (7):	5.5 – 6.5 okta
Többször erősen felhős (8):	6.5 – 7.4 okta
Túlnyomóan borult (9):	7.4 – 8.0 okta

III. táblázat: Az előrejelzési fájlban szereplő felhőzeti kódok, a hozzájuk tartozó átlagos felhőmennyiséggel

A tényleges felhőmennyiség adatokat az órás felhőzet észlelésekből vesszük. Minden órához és állomáshoz a különböző, felhőzetre vonatkozó észlelt jellemzőkből analizálunk felhőmennyiséget. Ehhez az összfelhőzet mennyiségét, valamint a különböző szinteken lévő felhőkre vonatkozó adatokat használjuk. Általános elv, hogy amennyiben lehet, úgy a magasszintű felhők súlyát az összfelhőzetben jelentősen csökkentjük (ugyanis például hiába van 7 okta cirrus felhőzet, attól még az időjárás lényegében napos).

– **Csapadékmennyiség:** A csapadékmennyiséget kategóriákban jelezzük előre, csak az első három időszakra. Hét különböző kategória létezik: 0, nyom, nyom-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20< mm. A mennyiségi előrejelzés bevétele szempontjából nincs túl nagy jelentősége, hogy egyáltalán nem esett csapadék, vagy csak nyom esett, vagy éppen más kisebb mennyiségről van szó. Így a verifikáció során a csapadékmennyiség szempontjából a 7 kategóriát 5 kategóriára redukáltuk: 0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20< mm. A tényleges csapadékmennyiség meghatározásakor az észlelők által mért csapadékadatokat, valamint ahol nincs észlelés, ott a főállomások automatáinak mért adatait átlagoljuk. Ezt követően az előrejelzéseket, valamint az adott körzetben ténylegesen lehullott csapadék területi átlagát is a megfelelő öt kategória valamelyikébe soroljuk. Az így kapott, tényleges csapadék mennyiségből és az előrejelzett kategóriából keletkezett kategória párokat kontingencia táblázatokba lehet rendezni, vagy valamilyen statisztikai számítást lehet rajtuk végezni.

– **Csapadék egzisztencia:** A csapadék egzisztencia esetében valamelyest más módszert alkalmazunk. Az esetek azon részében, ahol kiterjedten számottevő mennyiség-

gű csapadék van a régióban, ott természetesen egyértelmű az egzisztencia kérdése is. Probléma inkább csak a kis mennyiségeknél (csapadéknym közeli esetek) van. Ilyenkor még a nagy sűrűségű automata állomás hálózat, és a csapadék radar is csak közelítőleg tud egzisztenciát mérni. A különböző elemek közül az egzisztenciának az értékelését így inkább csak hozzátartozó információként érdemes kezelni.

Az egzisztencia értékelésében a csapadékmennyiség adatokon kívül a szinop órás jelen időre és elmúlt időre vonatkozó észleléseket is felhasználjuk. Ha az előrejelzésben nem szerepel csapadék, akkor abban az esetben jó a prognózis, ha a körzet egyik állomásán sem volt legalább 0.1 mm. Tehát ha nem esett semmi, az természetesen jó, de engedményként azt is jónak tekintjük, ha csak jelentéktelen mennyiségű csapadék fordult elő. Ezt az engedményt az előbbieken említett bizonytalanságok miatt tesszük. Ilyen jelentéktelen csapadékkal járó esetek általában csak gyenge szítálás, ködszítálás, vagy szemerkélő eső mellett fordulhatnak elő (jelentősebb szítálásnál már össze szokott jönni 0.1 mm is). Értelemszerűen ugyanezen csapadékmentes előrejelzés rossz, ha legalább egy állomáson esett legalább 0.1 mm. Abban az esetben, ha bármennyi csapadékot jeleztek előre, akkor a ténylegesen lehulló mennyiségtől függetlenül jó a prognózis, ha valamelyik állomáson legalább csapadéknym előfordult. Ha sehol nem esett semmi (nincs róla információ), akkor a prognózist rossznak kell tekintenünk.

Ezt követően a csapadékmennyiségnél már leírtak szerint járunk el. Azaz az egzisztencia előrejelzés és a megfigyelés igen-nem értékpárjait hozzuk létre, majd ezeket kontingencia táblázatba rendezzük, vagy más statisztikai számítást alkalmazunk.

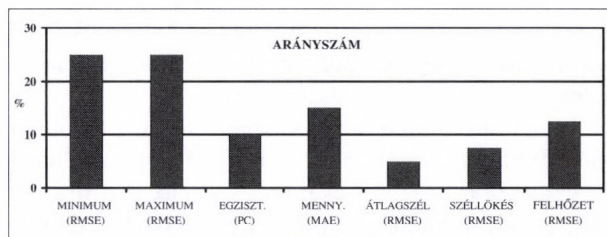
– **Csapadékvalószínűség:** A csapadék valószínűségénél (5 mm és 20 mm) még egy kicsit más a helyzet. Az előrejelzésekben a valószínűséget 10 % többszöröseként lehet megadni (0–100 %-ig). A tényleges csapadékösszeg esetében viszont csak azt lehet megállapítani, hogy bekövetkezett-e az esemény, vagy sem; lehullott-e területi átlagban legalább 5 mm, vagy 20 mm, vagy sem. Így itt az előrejelzési hiba az előbbiekhöz hasonlóan nem határozható meg. Ilyen valószínűségi előrejelzések verifikációjában a Megbízhatósági Diagramot, a Relative Operating Characteristics diagramot, valamint a Brier Score-t és a hozzá kapcsolódó statisztikákat lehet alkalmazni.

Komplex mérőszámok

Az egy időjárási elemre és egy időszakra vonatkozó statisztikákon kívül már viszonylag a kezdeti időszakban bevezettünk egy, a prognózisok bevalását mérő általános, összegző mérőszámot (komplex score). Ez a mérőszám az előrejelzésről, mint egészről mond

véleményt, az egyes időjárási elemek, valamint időszakok bevalásainak összességéről.

Egy adott időszakra szóló komplex mutatókban minden egyes verifikált elem esetén a legjellemzőbb statisztikai mérőszámot vesszük figyelembe (vagy eredeti formájában, például 2.4 °C, vagy százalékos formába való átkonvertálás után), azokat előre meghatározott súllyal szorozzuk, majd összegezzük. Az elemek aránya már a kezdetekkor véglegesen kialakult. Mivel a hőmérséklet értékelésekor merülhet fel a legkevesebb módszertani probléma, továbbá mivel a minimum és a maximum már önmagában is függ a felhőzet, szél, és részben a csapadék viszonyoktól, ezért a hőmérséklet súlyát választottuk a legnagyobbak. Minden időszakra (első éjszakától a hatodik napig) készül ilyen komplex mutató, amely a 3. ábrán látható mérőszámokat tartalmazza, a megfelelő arányok szerint.



3. ábra: A komplex mérőszámokban szereplő meteorológiai elemek megfelelő statisztikáinak aránya a teljes mutatóban

Az egyedi időszakokra vonatkozó komplex statisztikák mellett megalkottunk egy súlyozott változatot is. Ez utóbbi a hat napra szóló, naponként kiadott prognózisok összehasonlítására szolgál. Ebben a különböző napra (időszakra) vonatkozó előrejelzéseket összegezzük különböző súlyokkal. Ez a súlyozott változat előállítható a nyers hibák, bevalások átlagaként, valamint százalékosított formában is. Létrehozható minden időjárási elemre külön-külön, valamint azoknak az előző pont szerinti (lásd 3. ábra) összesítésére is. Mivel a sokadik nap prognózisánál egyre inkább a véletlen alakítja a bevalást, így a súlyozott átlagban csak az első három napot vettük figyelembe, drasztikusan csökkenő mértékben. Az első három nap súlya sorrendben 65%, 27.5% és 7.5%. Ezzel a mérőszám típusal ugyanis elsősorban az előrejelzők munkáját akartuk értékelni, ez a szám szolgál a szinoptikusok személyenkénti értékelésének alapjául.

A komplex mérőszámok megalkotása nagyrészt szubjektív volt. Nemcsak akkor, amikor az egyes verifikált elemeknek a mutatókon belüli súlyát alkottuk meg, hanem akkor is, amikor a fent említett százalékosítás menetét határoztuk meg. Azaz amikor megmondtuk, hogy a 0%-nak és a 100%-nak milyen hiba, bevalás értékek feleljenek meg. Ezen küszöbértékek meghatározásánál érdemesnek láttuk a következő két elvet követni. Egyrészt azt, hogy a súlyozott komplex mérőszám (az 1-2-3. nap súlyozott bevalása) nagyjából

75-80% körül legyen minden időjárási elemnél. Másrészt azt, hogy ha lehet, akkor a 0%-nak megfelelő hiba, beválás a valaha előfordult legrosszabb, egy napra vonatkozó eredmény közelében legyen. Ezzel amennyire lehet el akartuk kerülni az elvileg már „negatív” beválásokat (amiket persze 0-nak tekintünk).

A küszöbértékek meghatározásához tehát megvizsgáltuk a különböző időjárási elemek hibáinak, verifikációs mérőszámainak napi átlag- és szélsőértékeit (IV. táblázat). A táblázat adataiból csak egy példát emelnénk ki. Első hallásra meglepőnek tűnhet, hogy 2 év viszonylatában az első napra szóló maximum prognózisoknál (másnap) egyszer sem fordult elő, hogy mind a hat körzetben telitalálat születessen. Pedig itt egész fokra kerekített területi átlagértékekről, és nem pontra szóló hőmérsékletekről van szó. Valahol ez is mutatja, mennyire nehéz még régiók átlagában is abszolút pontosan eltalálni az egyes időjárási paramétereket. Természetesen, ha nem vagyunk ennyire szigorúak, és a tökéletes prognózishoz megengedjük például a legfeljebb 1 fokos hibát is, akkor teljesen más a helyzet.

Az V. táblázatban végül összegzésként a komplex mérőszámban szereplő időjárási paraméterek megválasztott küszöbértékei (a 100%-nak és a 0%-nak megfelelő), valamint az 1-2-3. napra vonatkozó súlyozott komplex átlagértékek (konkrét hiba értéke és százalékos változat) láthatók. A százalékos átlagértékek végeredményben a megcélzott 75-80% közelébe esnek.

	Legjobb prognózis				Legrosszabb prognózis				Átlagos prognózis			
	1.nap	3.nap	6.nap	1-2-3.nap	1.nap	3.nap	6.nap	1-2-3.nap	1.nap	3.nap	6.nap	1-2-3.nap
Minimum - RMSE	0	0.41	0.58	0.74	4.90	9.00	10.63	4.52	1.87	2.49	3.36	2.01
Maximum - RMSE	0.41	0.41	0.71	0.68	6.26	10.05	13.05	6.25	2.10	2.85	3.89	2.26
Egyszintencia - PC	100	100	100	100	0	0	0	18.33	83.00	77.10	65.80	82.07
Mennyiség - MCE	0	-	-	0	1.58	-	-	1.51	0.22	-	-	0.24
Átlagszél - RMSE	0	0	0	0	5.55	6.52	6.23	4.50	1.76	1.71	1.87	1.74
Széllökés - RMSE	0	0	0	0.06	7.32	10.32	13.01	6.72	2.72	3.03	3.70	2.81
Felhőzet - RMSE	0	0	0	0	3.91	5.08	6.08	3.80	1.17	1.43	1.91	1.23
Complex Score	91.43	91.27	89.84	90.02	56.18	42.12	32.43	61.91	78.00	70.10	57.90	76.39

IV. táblázat: A különböző időjárási elemek főbb verifikációs mérőszámainak átlag- és szélsőértékei az 1-3-6. napra, valamint az első 3 nap súlyozott összesítésére, 2000-2001.

	100%	0%	átlag (1-2-3.nap)
Minimum - RMSE	0 fok	8 fok	74.9% (2.01)
Maximum - RMSE	0 fok	8 fok	71.7% (2.26)
Egyszintencia - PC	0 %	100 %	82.1% (82.1)
Mennyiség - MCE	0 kateg.	1.6 kateg.	85.0% (0.24)
Átlagszél - RMSE	0 m/s	6 m/s	71.0% (1.74)
Széllökés - RMSE	0 m/s	10 m/s	71.9% (2.81)
Felhőzet - RMSE	0 okta	6 okta	79.5% (1.23)
Complex Score	100 %	0 %	76.39%

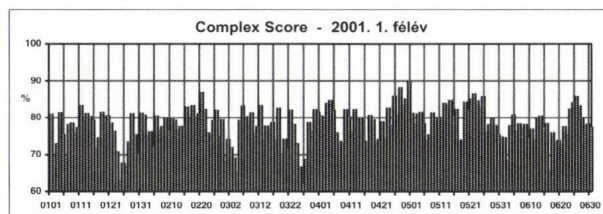
V. táblázat: A különböző időjárási elemek esetén a 100%-nak és a 0%-nak választott mérőszám értékek, valamint az első 3 nap súlyozott beváltsai abszolút értékben és százalékosan (2000-2001).

Személyenkénti verifikáció

Személyenkénti verifikációt csak belső használatra, csak a szinoptikusok munkájának javítása érdekében végzünk. Itt a teljes verifikációs időszakot aszerint

bontjuk részhalmozokra, hogy a napi prognózist ki készítette. Az így kapott, az egyes szinoptikusokhoz tartozó, előrejelzés halmazokra pedig kiszámítunk minden létező statisztikát, mérőszámot.

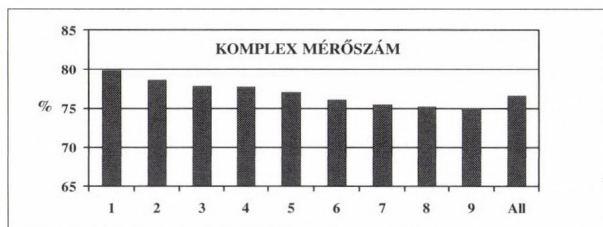
A szinoptikusok végső összehasonlítását a százalékos formájú súlyozott komplex mérőszámra alapozzuk. Az eszerinti összesített beváltsok napi változékonyságát a 4. ábrán bemutatott féléves időszak reprezentálja. A leg-



4. ábra: Az első három naphoz súlyozással készülő komplex mérőszámok változása napról napra 2001 első félévében.

rosszabb és a legjobb napi prognózis beváltsa több év tekintetében nagyjából 55% és 92% körül van. Ez a kb. 35%-os ablak az előrejelzőkre külön-külön elvégzett éves összesítések után már durván 75% és 80% közé redukálódik (a legjobb előrejelző összesített éves eredménye kb. 80%, a legkevésbé jó előrejelző 75% szokott lenni), ami már viszonylag kis különbséget jelent. Ebben természetesen, mivel csak egyéves összesítésről van szó, így még mindig elég nagy szerepet játszhat a véletlen is.

A véletlen szerepe miatt ezeket a személyekre lebontott értékeléseket csak legalább éves, vagy többéves idősorokra készítjük el. A személyenkénti értékelésnek az a nagy előnye, hogy ez által mindenki tudatában lehet annak, szembesül azzal, ha valamelyik időjárási elem tekintetében szisztematikus hibával dolgozik. Például éves átlagban viszonylag jelentősen fölébecsli a minimum hőmérsékletet, vagy éppen túl óvatos a széllökéseknél, stb. Hosszú időszakokra már az egyes szinoptikusokra lebontott értékelés is elég reprezentatívnek tekinthető, itt már az előrejelző tevékenysége számít elsősorban. A 2001 évi eredménylista, természetesen nevek nélkül az 5. ábrán látható.



5. ábra: Az Előrejelző Osztály szinoptikusainak komplex beváltsai, valamint a teljes évről vonatkozó összesített eredmény 2001-ben.

Időjárási helyzetek szerinti verifikáció

A teljes verifikációs minta személyek szerinti szétválogatása mellett már szinte a kezdetektől fogva érdekesnek tartottuk bizonyos speciális időjárási helyzetek szerinti megkülönböztetést is. Itt nem értékelünk ki minden napot, csak azokat az eseteket, amikor az előre meghatározott jellegzetes időjárási jelenség valamelyike alakul ki (lásd VI. táblázat). Ezeket az időjárási

Időjárási szituáció megjelölése	Időjárási jelenség
W	tartósan viharos szél
Hp	nagy csapadék
C	erős konvekció
I	erős inverzió

VI. táblázat: A helyzetek szerinti verifikációban szereplő jellegzetes időjárási szituációk

típusokat az éjszaka és nappal megkülönböztetésével, minden körzetre külön-külön a szinoptikus kollégák határozzák meg. Az időjárási helyzetek szerinti verifikáció végül úgy készül el, hogy az egyes típusokhoz tartozó napokat külön válogatjuk, és az így létrejövő csoportokra a szokásos statisztikai számításokat futtatjuk le. A viszonylag kis esetszám miatt az időjárási helyzetek szerinti értékelést is csak legalább éves időszakokra készítjük el.

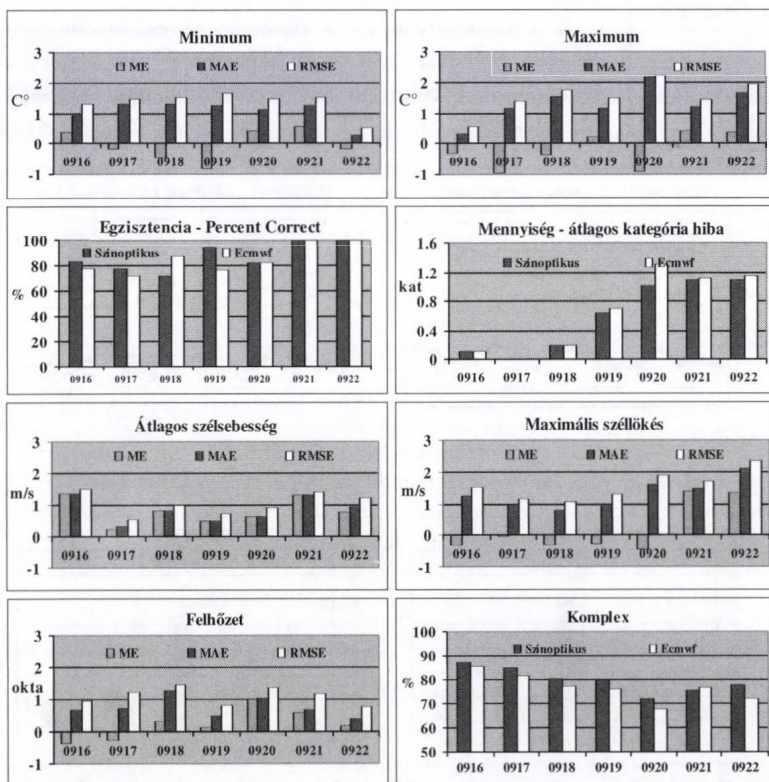
Heti és napi rendszerességgel készülő verifikációs táblák

A különböző időszakokra vonatkozó, más és más jellegű, hosszabb távra vonatkozó értékelések mellett szükségesnek láttuk olyan adatok rendszeres publikálását is, amelyek lehetőség szerint minél gyakrabban tájékoztatják a szinoptikusokat a munkájuk eredményéről. E célból elsőként a heti verifikációs táblát alakítottuk ki (egy példa a 6. ábrán látható). Ezen a különböző időjárási elemek bevételeit tüntettük fel. Elsősorban azokat a statisztikákat választottuk ki, amelyek az összesített komplex mérőszámokban szerepelnek. A csapadék és a komplex mérőszám esetében az ECMWF modell eredményei is láthatók. A többi elemnél pedig csak a szinoptikusok bevételeit ábrázoljuk, viszont itt a komplex számban szereplő RMSE hibákon kívül az ME és MAE hibák is felkerülnek.

Hétfőtől vasárnapig minden nap eredménye külön-külön szerepel a legutolsó naptári hétre vonatkozóan (országos összesítésben, azaz a hat régió minden napra egy hat előrejelzésből álló mintát jelent). Az adatokat egy A/4-es oldalra szerkesztettük és minden héten szerdán hajnalban, egy EXCEL alkalmazás eredményeként teljesen automatikusan kinyomtatódnak.

Az utolsó hét eredményeit tartalmazó összesítésen felül igény volt a még közelebbi múlt prognózisainak

részletes értékelésére is. Ezért kialakítottunk egy napi verifikációs táblát is (VII. táblázat). Ezzel a prognózisok bevételei, a napi hibák és a problémás esetek sokkal jobban nyomon követhetővé váltak. Ezen túl megvalósulhatott az az elvárás is, hogy a modellekből készülő kódolt prognózisok folyamatos kontroll alatt legyenek. Ebben a napi kiadványban az első éjszakára és az azt követő nappalra vonatkozó prognózisok eredményeit értékeljük, kinyomtatásra mindig a prognózis kiadását követő második nap hajnalán kerül (szintén egy automatikusan lefutó EXCEL alkalmazással). A táblázatokban az egyes időjárási elemek előre jelzett értékei, az észlelt mennyiségek, valamint a megállapított hibák is fel vannak tüntetve minden körzetre külön-külön, az előrejelzőkre, az ECMWF-re és az ALADIN-ra egyaránt. A könnyebb összehasonlíthatóság és áttekinthetőség kedvéért ezek mellett egy országos összesítést is kialakítottunk, ahol a hat régió átlageredménye látható, az időszakra vonatkozó komplex mérőszámmal egyetemben.



6. ábra: Példa heti verifikációs táblára.

NAPPAL	Maximum (°C)			Égzszt. (No)			Mennyiség (mm)			Átlagszél (m/s)			Szélőkés (m/s)			Felhőzet (okta)		
Budapest	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	12		1	1			3		0	7		5	13		6	5.5-6.5		0
ecmwf	11	11.2	0	1	1		2	3	-1	3	2.0	1	11	7.0	4	6.5-7.4	6.3	0.2
aladin	12		1	1			2		-1	3		1	11		4	5.5-6.5		0
Miskolc	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	11		-1	1			3		1	6		3	11		1	5.5-6.5		0
ecmwf	12	11.6	0	1	1		2	nyom	0	4	3.2	1	10	9.8	0	7.4-8.0	5.7	1.7
aladin	15		3	1			3		1	2		-1	8		-2	4.5-5.5		-0.2
Debrecen	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	13		1	1			2		0	7		4	13		4	5.5-6.5		0.3
ecmwf	12	11.6	0	1	1		3	1.67	1	3	3.0	0	10	8.8	1	7.4-8.0	5.2	2.2
aladin	14		2	1			5		3	3		0	12		3	4.5-5.5		0
Szeged	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	14		3	1			2		-1	7		4	13		6	5.5-6.5		-1
ecmwf	12	11.4	0	1	1		2	3.33	-1	2	2.6	-1	7	7.2	0	6.5-7.4	7.5	-0.1
aladin	14		3	1			2		-1	4		1	12		5	6.5-7.4		-0.1
Taszár	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	14		0	1			2		0	7		4	14		4	5.5-6.5		-0.7
ecmwf	17	13.9	3	1	1		2	1.83	0	2	2.5	-1	11	9.6	1	7.4-8.0	7.2	0.2
aladin	16		2	0			0		0	5		2	16		6	6.5-7.4		0
Pápa	for.	obs.	err.	for.	obs.		for.	obs.	err. (cat)	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.	for.	obs.	err.
ieo	13		1	1			3		-1	8		5	15		4	5.5-6.5		-0.8
ecmwf	14	12.2	2	1	1		3	8.25	-1	2	2.6	-1	11	11.0	0	6.5-7.4	7.3	0
aladin	13		1	1			3		-1	3		0	11		0	6.5-7.4		0

NAPPAL	Maximum (°C)			Égzsztencia (No)			Menny. (cat)			Átlagszél (m/s)			Szélőkés (m/s)			Felhőzet (okta)			Komplex
HUN	me	mac	rmse	Yes	No	Yes	me	mac	rmse	me	mac	rmse	me	mac	rmse	me	mac	rmse	%
ieo	0.8	1.2	1.5	0	0	100	-0.2	0.5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.5	-0.4	0.5	0.6			78
ecmwf	1.0	1.0	1.5	0	0	100	-0.3	0.7	-0.2	0.8	0.9	1.0	1.0	1.7	0.7	1.1			79.8
aladin	2.0	2.0	2.0	0	1	83.3	0.2	1.2	0.5	0.8	1.1	2.7	3.3	3.9	0.0	0.0	0.1		69.9

VII. táblázat: Példa napi verifikációs táblára. Az első nappalra vonatkozó prognózisok eredményei körzetenként (felső táblázat), valamint országos összesítésben (alsó táblázat). Ez a két táblázat a napi verifikációs tábla alsó felét alkotja, a felső részen az első éjszakára vonatkozó ugyanilyen táblázatok vannak. Néhány segítség a táblázat értelmezéséhez: ieo = szinoptikusok; for. = előrejelzés; obs. = mérés; err. = hiba; YesNo = csapadék előre volt jelezve, de mégsem esett semmi; NoYes = nem volt csapadék előre jelezve, mégis esett.

2001-es bevételek, tendenciák az elmúlt évek eredményeiben

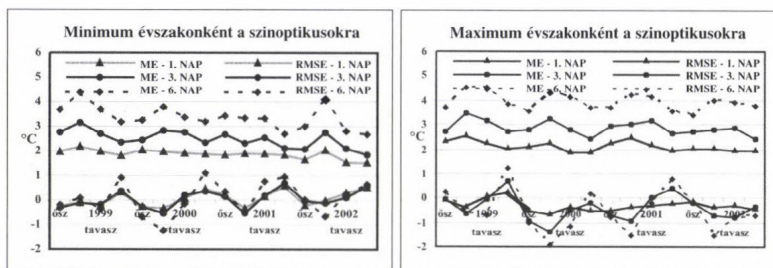
A következőkben néhány, az elmúlt évek prognózisainak elemzése nyomán levonható következtetést említünk meg. Az időközben elkészült több száz diagram és táblázat közül természetesen most csak néhányat válogattunk ki. A részletes eredményhalmazt az OMSZ verifikációs kiadványaiban, valamint az előrejelző szoba faliújságján lehet fellelni.

Az utóbbi néhány év kapcsán általánosan elmondható, hogy az eredményekben nagy változás nem következett be. A legtöbb elemnél azért tartós, kisebb javulást lehet kimutatni (lásd például a 7. ábrán a hőmérséklet esetében az RMSE hibában megfigyelhető kismértékű csökkenő tendenciát). Erősebb fluktuáció azon elemek bevételeinél van, amelyek gyakorisága időről időre nagyban változik. Ez leginkább a csapadékokra jellemző, ahol száraz időszakokkal szemben a nedves periódusok drasztikusan rosszabb bevételek prognózisokat jelentenek. Ugyancsak megfigyelhető egy évszakos változékonyság is,

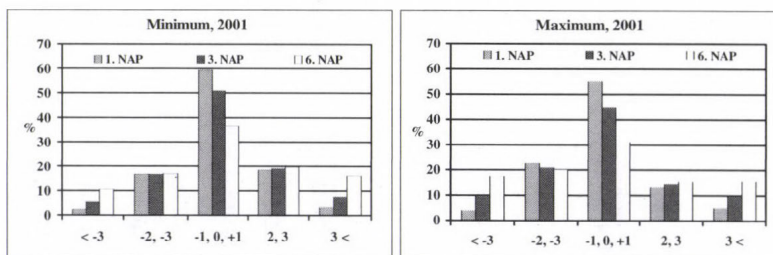
elsősorban a hőmérséklet esetében. A nehezebben előre jelezhető téli időszakokban jelentősen leromlanak a prognózisok, míg a legjobb bevételek évszak általában a nyár. Emellett a hőmérsékletben a téli félét általában alábecslés, a nyári időszakot pedig inkább fölébecslés terheli. Az elsőtől a hatodik napig haladva ennek mértéke egyre nagyobb lesz (7. ábra).

A hőmérséklet esetében például a legfeljebb +1 fokos hiba százalékos aránya (ez lényegében tökéletes előrejelzésnek tekinthető) a minimum esetében mintegy 5%-kal nagyobb a maximumhoz képest, függetlenül attól, hogy hányadik napra jelzünk előre (8. ábra). Azaz átlagosan könnyebb a minimum hőmérsékletet előre jelezni. Az első napi hőmérséklet prognózisoknak általában még mintegy 55-60%-a tekinthető tökéletesnek, addig a hatodik napra ez 30-35%-ra esik vissza. A 8. ábrán az is jól látszik, hogy a 2-3 fokos hiba nagyjából ugyanakkora százalékban fordul elő, akárhányadik napi előrejelzésről is legyen szó. Ahogy haladunk az elsőtől a hatodik napi prognózisig, a jó prognózisok egyre nagyobb hányada „vándorol át” a rosszul sikerültek közé (legalább 4 fokos hiba).

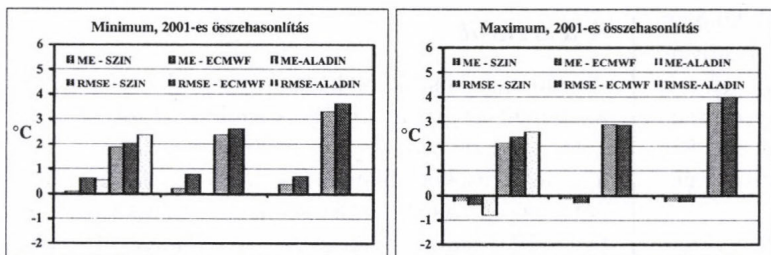
A szinoptikusok és a modellek éves viszonylatú összehasonlítására a 9. ábrán láthatunk példát, szintén a hőmérséklet esetére. Az előrejelzés hibájának nagysága napról napra, nagyjából lineárisan növekszik. Az első



7. ábra: A minimum és a maximum hőmérséklet ME és RMSE hibája évszakonként, az első, harmadik és hatodik napra, a szinoptikusok esetében



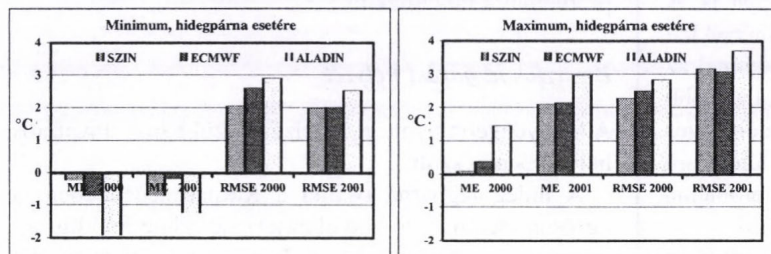
8. ábra: A minimum és a maximum hőmérséklet előrejelzésének hibaeloszlása 2001-ben, az első, harmadik és hatodik napra, a szinoptikusok esetében



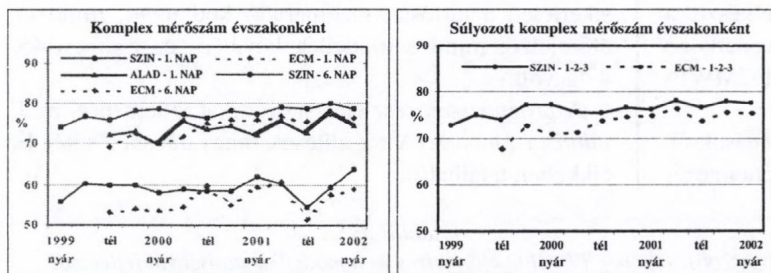
9. ábra: A minimum és a maximum hőmérséklet ME és RMSE hibájának összehasonlítása a szinoptikusok, az ECMWF és az ALADIN esetében, 2001-ben. A három 6-os (vagy 4-es) oszlopcsoport sorrendben az első, harmadik és hatodik nap eredményeit jelenti. Ezekben belül az első oszlopcsoport az ME, a második pedig az RMSE hiba.

1. Nap	0 fok	1 fok	2 fok	3-4 fok	4fok <	Elemsszám
MAE_SZIN	1.09	1.06	1.16	1.44	1.84	5934
MAE_ECMWF	1.09	1.18	1.52	2.13	4.44	5934
%-os arány	24.00	36.57	22.46	13.97	3.00	5934
3. Nap	0 fok	1 fok	2 fok	3-4 fok	4fok <	Elemsszám
MAE_SZIN	1.58	1.53	1.70	2.19	2.93	5934
MAE_ECMWF	1.58	1.58	1.86	2.42	3.79	5934
%-os arány	27.65	36.23	19.99	12.87	3.25	5934
6. Nap	0 fok	1 fok	2 fok	3-4 fok	4fok <	Elemsszám
MAE_SZIN	2.28	2.42	2.64	3.07	3.29	5934
MAE_ECMWF	2.28	2.47	2.83	3.43	4.86	5934
%-os arány	23.90	30.59	20.49	18.01	7.01	5934

VIII. táblázat: Megvizsgáltuk, hogy milyen gyakran (%-os arány) és milyen mértékben (0,1,2,3-4,4<) változtattak a szinoptikusok az ECMWF maximum prognózisán (2000-2002). Ezekben az esetekben mennyit javítottak az előrejelzésen. Az első, harmadik és hatodik napi előrejelzéseket tüntettük fel.



10. ábra: A minimum és a maximum hőmérséklet ME és RMSE hibája a hidegpárnás helyzetekben, az első napra, 2000-2001-ben, a szinoptikusok, az ECMWF és az ALADIN esetében



11. ábra: A komplex mérőszám első és hatodik napi értékei (baloldal), valamint az első három napot tartalmazó súlyozott érték (jobboldal) évszakként a szinoptikusokra és az ECMWF-re, valamint az első nap esetében az ALADIN-ra is.

napi 1.5-2 fokról a 6. napra már 3.5-4 fokig emelkedik. A szinoptikusok lényegében minden esetben valamivel kisebb hibával dolgoznak, bár a különbségek persze nem óriásiak.

Természetesen mi is kíváncsiak voltunk arra, hogy ezek a nem túl nagy különbségek milyen összetételűek. Mikor, mennyit változtatnak a szinoptikusok a modell prognózisán, és mindeközben mennyit javul a beválás. A VIII. táblázatban egy feldolgozást látunk a hőmérsékletre vonatkozóan. Megvizsgáltuk tehát, hogy az előrejelzők az esetek hány százalékában, és milyen mértékben (hány fokkal) módosítanak az ECMWF kódolt előrejelzésén. A módosítások esetében pedig mekkora a javulás a modell beválásához képest. Elmondható, hogy minél nagyobb arányú a változtatás, átlagosan annál jelentősebb javulást jelent a szinoptikus módosítása. Emellett a javulás mértéke az első napi prognózisnál a legnagyobb, míg a hatodik napnál a legkisebb.

Ezek után a 10. ábrán egy példát látunk az időjárási helyzetek szerinti értékelésre. A Kárpát-medence egyik nagyon jellegzetes jelensége a téli félfévben gyakran kialakuló erős inverzió, más néven hidegpárna. A hidegpárna kialakulását közvetlenül megelőzően, valamint a feloszlás kezdetén különösen nehéz jó előrejelzéseket készíteni. Időnként persze a tartós inverziós helyzet is tud meglepetéseket okozni a szinoptikusoknak. A modellek ezeket az inverziós szituációkat még manapság is csak többé-kevésbé tudják előre jelezni. Ezért ezekben az esetekben különösen érdekes, hogy a modellek hogyan viselkednek. A verifikációs eredmények szerint az ECMWF és a szinoptikusok között viszonylag kicsi az eltérés, az ALADIN modell viszont 2001-ben az esetek nagy részében „nem igazán vett tudomást” az erős inverzióról. A minimumot jelentősen alá-, a maximumot pedig fölébecsülte. Ezzel párhuzamosan pedig (ezt itt most nem tudjuk bemutatni) a felhőzetet szükségszerűen drasztikusan alábecsülte. Mivel a különböző időjárási helyzetek gyakorisága egyik évről a másikra igen jelentősen változhat, ezért ezeket az eredményeket óvatosan lehet csak összehasonlítani. Inkább csak az eredményekben megmu-

tatkozó eltérések irányát érdemes figyelni. A konkrét értékekből nem érdemes azonnal messzemenő következtetéseket levonni. Bizonyos években pl. nagyon sok inverziós, vagy éppen erősen szeles nap jellemző, más években pedig alig-alig fordulnak ilyen esetek elő. Kis elemszám mellett pedig az eredmények csak kismértékben tekinthetők reprezentatívnak.

Végül a különböző időjárási elemek együttes értékeléseként a komplex mérőszámok alakulását mutatjuk be a 11. ábrán. Összességében és nagy átlagban tehát a szinoptikusok néhány százalékot tesznek hozzá az ECMWF és az ALADIN modellekből származtatott előrejelzésekhez. Elmondható még az is, hogy az általunk követett értékelési módszertan szerint a két modell közül érdekes módon az ECMWF valamivel sikeresebbnek bizonyult. Mindez annak ellenére van így, hogy az ALADIN-t 12 órával később futtatják, továbbá hogy a horizontális felbontása is sokkal finomabb.

A tervekről

Az előrejelző osztályon kialakított verifikációs rendszer az elmúlt években sok és sokféle változáson ment keresztül. Ezekben mindig azt tartottuk szem előtt, hogy a szinoptikusokat, valamint a különböző felhasználókat, érdeklődőket minél részletesebben, és minél korrektebben tájékoztatni tudjuk az osztályon folyó alapelőrejelzési tevékenység eredményességéről. A jövőben ennek az elvárásnak szeretnénk egyre inkább megfelelni. Új elemek verifikálását is tervezzük, újabb verifikációs produktumok is kialakításra várnak, valamint a felhasznált mérések területén is jelentős bővítésekre van szükség. Emellett nagyon fontos, hogy fokozatosan minden egyes olyan, alapprognózisnak minősülő produktumot bevonjunk a verifikálás körébe, amit az előrejelzők a napi munkájuk során készítenek.

Zsótér Ervin

A 2001. ÉV SIKERTELEN PROGNÓZISAI

Bevezetés

1998. szeptember 1. óta az Időjárás Előrejelző Osztályon (IEO) kódolt prognózis készül hat magyarországi körzetre, hat napra előre. Az ügyeletes előrejelző a felhőzeti, csapadék és szél viszonyokat, illetve a minimum- és maximumhőmérsékleteket megfelelő kódokkal írja le, amely megteremti az objektív verifikáció alapját is. A számszerűsített prognózisok értékelése a hőmérsékleti adatok esetén korrektnek mondható, a többi elemnél az előrejelzett és tényleges érték összehasonlítása már több problémát vet fel (pl. a csapadék-egzisztencia előrejelzés értékelése egy adott területre néhány jelentő állomásra támaszkodva nem mondható egzaktnak. A probléma megoldását a radar adatok felhasználása jelentheti).

A mai formában megjelenő heti értékelő táblázat 1999. év végétől készül el rendszeresen. A verifikáció kiterjed a minimum- és maximumhőmérsékletre, a csapadék létére és mennyiségére, a szél átlagsebességére, a lökések erősségére, valamint a felhőzetre. 2002. február vége óta a 36 órás prognózisokra külön is elkészül a verifikációs tábla, amelyen az előrejelzőkre vonatkozó statisztikák mellett a modellek (ALADIN és ECMWF) statisztikái is szerepelnek.

Az egyes elemek esetén a figyelembe vett állomásokról, az értékelés módszereiről, a verifikációs tábla értelmezéséről Zsótér Ervin cikkében olvashatunk.

alapján kiválasztottuk a legalacsonyabb bevérlásúakat, a sikertelen prognózisokat. Elemzésükkel megpróbálunk választ adni a sikertelenség okaira, illetve tanulságokat megfogalmazni a jövő számára. A kiválasztott nyolc legalacsonyabb bevérlású esetről négyet elemzünk részletesebben. Ezek az esetek egyrészt meghatározott időjárási helyzetekhez köthetők, másrészt a verifikáció problémáira mutatnak rá.

Inverziós időjárási helyzet

A leggyengébb nyolc előrejelzés közül három inverziós helyzetben készült.

A hideg légpárna beállta a Kárpát-medencében, a tartósan megmaradó köd előrejelzése szinte mindig rejt magában bukási lehetőséget. Ezt az időjárási helyzetet sem az ALADIN, sem az ECMWF modell nem jelzi előre, sőt a hideg párna kialakulása után is gyakran rossz a modellek hőmérsékleti prognózisa.

2001-ben az október 17-én kiadott előrejelzés lett sikertelen a tartósan megmaradó köd miatt, mind az előrejelző, mind a modellek bevérlása ez esetben 45, 47% volt.

A prognózisok részletes statisztikai jellemzését az 1. táblázat mutatja (A rövidítések magyarázata Zsótér E. cikkében található).

1. táblázat:

A 2001. október 17-i IEO előrejelzés és a modellek statisztikai jellemzői

20011017	Maximum (C°)			Egzisztencia (No.)			Menny. (cat)		Átlagszél (m/s)			Szélökés (m/s)			Felhőzet (okta)			Komplex
	me	mae	rmse	Yes	No	Yes	me	mae	me	mae	rmse	me	mae	rmse	me	mae	rmse	
ieo	6.2	6.2	6.3	0	5	16.7	0	0	0.5	0.5	0.7	1.3	1.3	1.4	-2.8	2.8	2.9	44.9
ecmwf	4.8	4.8	5.1	0	5	16.7	0	0	0.2	0.2	0.4	1.5	1.5	1.6	-4.9	4.9	5.1	47.4
aladin	5.7	5.7	5.8	0	6	0	0	0	-0.2	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	-3.9	3.9	3.9	44.6

Sikertelen prognózisok 2001-ben

A kevésbé sikeres prognózisok utólagos elemzése az előrejelző számára mindig hasznos. 2001. év komplex mutatói

A kiadott prognózis a következőképpen szolt:

Az ország nagy részén több-kevesebb napsütés várható. Éjszaka többfelé képződik köd, amely néhol egész nap megmaradhat. Eső nem valószínű, gyenge ködszítálás azonban előfordulhat. Legfeljebb nyugaton élénkülhet meg a déli, délkeleti szél.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet 5 és 10,

a legmagasabb nappali hőmérséklet általában 17 és 22 fok között alakul, de a tartósan ködös helyeken csak 15 fok körül valószínű.

A bekövetkezett időjárás pedig:

Az ország nagy részén párás, ködös idő volt. A déli országrészben azonban helyenként feloszlott a köd, ott 1-5 órára a nap is kisütött. Többfelé fordult elő ködszítálás. A hőmérséklet csúcsértéke a párás, ködös vidékeken 11, 15 másutt 16 és 20 fok között alakult.

Lényegesen nagyobb területen volt tehát tartós köd, ennek megfelelően a maximum hőmérséklet is elmaradt a várttól. Az időjárási helyzet az előző napokhoz képest nem változott, nagy kiterjedésű anticiklon helyezkedett el térségünk felett. Hőmérsékleti advekció nem volt, a budapesti magaslégköri mérés nem mutatott inverziót. Egyedüli figyelmeztető jel lehetett, hogy a prognózis kiadása napján északkeleten már néhol egész nap megmaradt a köd. Tanulásgként ki kell emelni, hogy a napok óta fennálló magas nyomás esetén jelenleg még nagyobb óvatosságra van szükség, de igazán követhető stratégia nem igen adható.

Inverziós helyzet vezetett további két sikertelen prognózishoz is (január 24. és november 11.). Mindkét esetben ciklon előoldalán délkeleti áramlás mellett a modellek erőteljesebb melegedést jeleztek előre, de ebből kevés valósult meg. Mindkét esetben az előrejelző a szükségesnél jobban támaszkodott a modellekre.

Most röviden elemezzük a január 24-i esetet.

A prognózis készítésekor a szinoptikus helyzetet egy a Brit-szigetektől északnyugatra örvénylő, közép-pontjában 955 hPa-s légnyomású ciklon és a Kelet-európai-síkság felett elhelyezkedő anticiklon határozta meg. Magyarország a két rendszer közötti átmeneti zónában helyezkedett el, a talaj közelben délkeleti szél fújt. Nem túl vastag, de éles inverzió volt a magaslégköri mérés alapján, amely még 25-én 12 UTC-kor is fennállt. A ciklon melegfrontja az Alpok felett, hidegfrontja Nyugat-Európa felett húzódott.

A modellek, mind az ALADIN, mind az ECMWF, az említett ciklon előoldalán erőteljes melegedést és térségünkben 10 hPa-os légnyomás különbséget és ennek megfelelően erős szelet jeleztek előre.

A verifikálás eredményeit nézve megállapítható,

hogy elsősorban a maximumhőmérséklet és a szél előrejelzése volt sikertelen.

II. Táblázat:

A 2001. január 24-i IEO előrejelzés és a modellek statisztikai jellemzői

20010124	Maximum (C°)			Egészítencia (No.)			Menny.(cat)			Átlagszél (m/s)			Szélhőkés (m/s)			Felhőzet (okta)			Komple
	me	mae	rmse	Yes	No	pc(%)	me	mae	me	mae	rmse	me	mae	rmse	me	mae	rmse	%	
ieo	5.0	5.0	5.3	0	1	83.3	0.2	0.2	1.7	1.7	2.0	3.5	3.5	4.1	0.2	0.2	0.4	58	
ecmwf	4.2	4.2	4.6	0	1	83.3	-0	0.2	1.5	1.5	1.8	2.8	2.8	3.5	-0.4	0.4	0.9	62	
aladin	5.0	5.0	5.5	0	0	100	-0	0.3	2.3	2.3	3.1	3.8	3.8	4.5	-0.6	0.6	0.8	54.8	

A szél előrejelzéséhez meg kell jegyezni, hogy a nagy gradiens, különösen délkeleti szél esetén a tapasztalatok alapján gyakran meglepetést okoz.

A 850 hPa-on előrejelzett meleg advekció tulajdonképpen megvalósult, az ALADIN modell január 24.12. UTC-re még csak -1 C° fokot, január 25.12 UTC-re pedig 4-5 C° fokot jelzett előre. A 950 hPa-on előrejelzett, szintén közel négy fokos meleg advekció azonban nem valósult meg, bár elkezdett melegedni a levegő január 25.00 UTC-ig, utána azonban 12 UTC-re +4 C° fokról +1 C° fokra csökkent a hőmérséklet, vagyis erősödött az inverzió. Az inverziót a vártnál gyengébb szél nem tudta gyengíteni, illetve megszüntetni.

Ennek következtében pl. Budapesten a modellek által előrejelzett 6, 8 fokkal szemben a maximumhőmérséklet csupán 1 C° fok volt, de országszerte nagy volt a hőmérséklet fölébecslése, főleg a nyugati körzetekben. A kiadott prognózis így szolt:

Túlnyomóan borult, ma eleinte néhol tartósabban ködös idő lesz. Többfelé várható csapadék, szerdán havazás, havas eső, ónos eső, eső egyaránt, csütörtökön egyre inkább eső valószínű. A délkeleti szél többfelé megerősödik, helyenként viharossá fokozódik.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet -1, +4 fok között valószínű.

A legmagasabb nappali hőmérséklet csütörtökön általában 5, 10 fok között, de északkeleten 3, délnyugaton 12 fok körül alakul.

A bekövetkezett időjárási kép pedig a következő:

Csütörtökön borult idő volt, csupán délnyugaton szakadozott fel néhol rövid időszakokra a felhőzet. Többfelé esett az eső, délelőtt ónos eső, északkeleten gyenge havazás is előfordult, majd délután átmenetileg kevesebb helyről jelentettek csapadékot.

A minimumhőmérséklet -3 és +2, a maximumhőmérséklet 0 és +9 fok között alakult.

Összefoglalva tehát inverziós helyzetekben, mint ahogy az említett esetek is példázák, nagyobb kritikával kell szemlélni a modellek által előrejelzett mezőket. Ezekben az esetekben a modellek közül a 12 órával korábban futó, durvább felbontású ECMWF modell adta a jobb beválást, mint ahogy ezt az I. és II. Táblázat is mutatja.

A talaj közeli délkeleti áramlás, a szinoptikus tapasztalatok szerint is, mindig figyelmeztető jel kell hogy legyen, hiszen ezekben az esetekben a prognosztizált erőteljes felmelegedés szinte mindig elmarad.

Elvethető-e teljesen egy numerikus modell?

Az elmúlt évek során a numerikus előrejelzések meghatározókká váltak a mindennapi előrejelző munka során. Az esetek nagy százalékában a modellek produktumai igen jól használhatók, de időnként előfordul, és valószínűleg a jövőben is lesz ilyen eset, hogy a bekövetkezett folyamatot valamelyik modell rosszul adja. Ekkor az előrejelzőt károsan befolyásolja, hiszen ha az előrejelzett mezőknek némi realitása van, teljesen elvetni a modellt nem lehet.

A 2001. év sikertelen prognózisai között is találunk olyat, amikor a numerikus modell rossz irányba vitte el az előrejelzőt. A 2001. július 19-én kiadott prognózis így szólt:

Ma az időnkénti felhősödésből nyugaton zápor, zivatar már kialakulhat. Holnap nyugaton borult lesz az ég, legfeljebb keleten valószínű kevés napsütés. Egyre többfelé kell esőre, záporosra, zivatarra számítani, a Dunántúlon jelentős mennyiségű csapadékra van kilátás. A délkeleti szél holnap északnyugatra fordul és sokfelé viharossá fokozódik.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet 15 és 20 fok között alakul.

A legmagasabb nappali hőmérséklet pénteken nyugaton 18, keleten 30 fok körül alakul.

A bekövetkezett időjárás jellemzése:

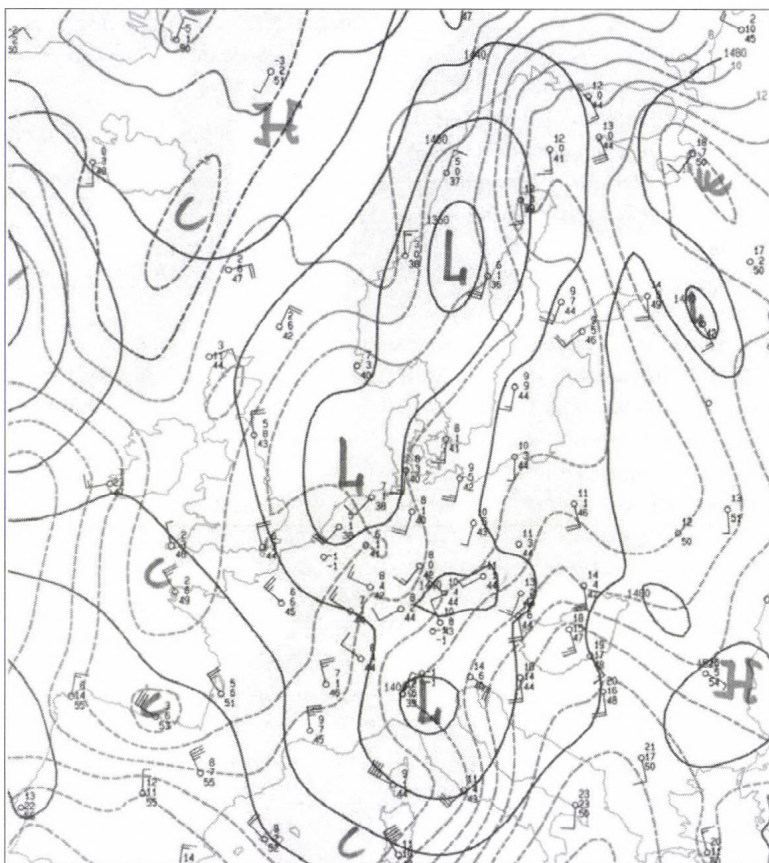
Pénteken napközben délnyugat felől többször erősen megnövekedett a felhőzet, többfelé alakult ki zápor, zivatar, helyenként jégeső is előfordult. Zivatarkörnyezetében viharos széllekedések is kialakultak. A hőmérséklet csúcértéke a nyugati határ mentén 22, 26, másutt 27 és 35 fok között alakult.

A prognózis július 20-ra szóló része volt a rossz, és ez a hőmérséklet jelentős alá-, és a csapadék mennyiségének fölébecsléséből adódott.

III. Táblázat:

A 2001. július 19-i IEO előrejelzés és a modellek statisztikai jellemzői

20010719	Maximum (C°)			Egészítencia (No.)			Menny. cat			Átlagszél (m/s)			Szélőkés (m/s)			Felhőzet (okta)			Komplex %
	me	mae	rmse	Yes	No	Yes	pc (%)	me	mae	me	mae	rmse	me	mae	rmse	me	mae	rmse	
ieo	-4.5	4.5	5.2	0	0	100	1.3	1.3	5.0	5.0	5.4	1.8	3.2	4.3	1.7	1.7	2.1	42.8	
ecmwf	-3.0	3.0	3.8	0	1	83.3	1	1	0.3	1.3	2.2	-2.8	4.2	4.9	1.7	1.7	2.2	55.2	
aladin	-5.0	5.0	6.1	0	0	100	2.2	2.2	0.8	1.2	1.6	-1.8	3.5	4.6	1.5	1.5	1.9	38.1	



2. ábra: A tényleges 850hPa-os topográfia 2001. július 20. 00 UTC-kor

Ki kell emelni az ALADIN modell igen alacsony bevilását, a nappalra vonatkozó komplex mutató csupán 38 %! (Az ALADIN modell előrejelzett mezőit a címlapon közölt ábrán láthatjuk.)

Az előrejelző munkáját tehát negatívan befolyásolta ez az előrejelzés. Az ECMWF modell is alábecsülte a maximumhőmérsékletet, de utólag azt mondhatjuk, ha csak az angol modellre támaszkodott volna az előrejelző, jobban járt volna. Az igazsághoz az is hozzátartozik, hogy az ALADIN modellben előrejelzett nagy mennyiségű csapadék lehetőségét kizárni nem lehetett, ugyanis a modell egy délnyugatról fölnél helyeződő peremhullámot adott. Ez a hullám ki is alakult, de később, és délebbi pályán helyeződött keletre. Talán a 850 hPa-os szint aktuális áramlási és hőmérsékleti viszonyai utalhattak a hullám későbbi kialakulására. A 2. ábra mutatja a 2001. július 20. 00 UTC-re már kialakult peremhullámot, de az is látható, hogy a medence térségébe még meleg levegő áramlik, tehát az előrejelzett lehűlés csak később következhet be.

A következő futtatások már nem adtak annyi csapadékot, és a Dunántúlra magasabb hőmérsékletet jeleztek előre, ennek megfelelően az aznapi reggeli ügyeletes is módosította az országos prognózist.

Nyilván ez már a kiadott előrejelzés alacsony bevéálásán nem változtatott.

Ez az eset felveti azt a kérdést, hogy el lehet-e teljesen vetni egy modellt? Nehéz a válasz, hiszen ha mégis megvan a lehetősége az esemény kialakulásának, akkor ki meri ezt vállalni? Másrészt a feldolgozások szerint az ALADIN maximumhőmérséklet előrejelzése egészen jó, de ebben az esetben az „rmse hibája” 6,1! Az utólagos elemzés szerint azt kell hangsúlyozni, hogy a kiindulási helyzet alapos tanulmányozása segíthetett volna, a már említett 850hPa-os topográfia mező szerkezete utalt a később kialakuló déli peremhullámra, ez a magyarázata a kevesebb csapadéknak és magasabb hőmérsékletnek.

Röviden a további esetekről

Az alacsony bevéálású esetek között előfordult olyan is, amelynek során az előrejelző a szinoptikus helyzetet jól értelmezte, meglátásai jók voltak, a bevéálás mégis viszonylag alacsony volt. Erre példa a 2001. március 5-én készült prognózis:

Eleinte többnyire erősen felhős, vagy borult lesz az ég. Kezdetben szórványosan, estétől sokfelé várható eső, zápor, ma egy-egy zivatar. Holnap délutántól északnyugati felől megkezdődik a felhőzet csökkenése. Ma a délnyugati, holnap délutántól az északnyugati forduló szelet kísérik többfelé erős, időnként viharos lökések.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet általában 6, 11 fok között, északkeleten 3 fok körül alakul.

A legmagasabb nappali hőmérséklet hétfőn jobbra 8, 13 fok között, de északkeleten 5 fok körül valószínű.

A bekövetkezett időjárási kép pedig:

Hétfőn eleinte országsszerte borult volt az ég, sokfelé esett az eső. Délutántól északon felszakadozott a felhőzet, 1-3 órára kisért a nap. Az esti órákban csapadékot már sehonnán sem jelentettek. Sokfelé megerősödött, többfelé viharossá fokozódott az északnyugati szél. A hőmérséklet csúcserőke az ország északi felén 6, 13, a délin 15 és 18 fok között alakult, a magasabb értékeket a délelőtti órákban mérték, délután már csak egy-két helyen érte el a 10 fokot a hőmérséklet.

A ténylegesen bekövetkezett időjárás és az előrejelzés tulajdonképpen nem különbözött számottevően. A felhőzet csökkenése valóban a délutáni órákban kezdődött el, sokfelé volt csapadék, vasárnap északkeleten zivatarok is kialakultak, sőt szervezett zivatarzónák vonultak északkeleten. A csapadék mennyiségét kissé fölébecsülte az előrejelző, de ez az adott esetben teljesen érhető volt, hiszen ekkor, illetve az előző két nap hullott a Tisza felső szakaszán 100 mm-t is meghaladó csapadék. Ilyen szituációban mindenképpen a több csapadékot kell megadni, és a modellek is még több csapadékot jeleztek előre.

IV. Táblázat:

A 2001. március 5-i IEO előrejelzés és a modellek statisztikai jellemzői

20010304	Maximum (C°)			Egészítencia (No.)				Menny.(cat)		Átlagszél (m/s)			Szélhőkés (m/s)			Felhőzet (okta)			Komplex %
	me	mae	rmse	Yes	No	Yes	No	pe(%)		me	mae	rmse	me	mae	rmse	me	mae	rmse	
ieo	-3.0	3.0	3.9	0	0	100		2	2	3.7	3.7	3.8	2.8	2.8	3.7	0.7	0.7	0.8	52.9
ecmwf	0.5	0.8	1.1	0	0	100		1.5	1.5	0.3	1.7	1.0	-0.8	1.8	2.2	0.5	0.5	0.6	75.4
aladin	0.2	1.2	1.4	0	0	100		0.3	1	-1.0	1.3	1.5	-3.5	3.5	4.5	0.1	0.4	0.6	76.2

Az északnyugati szél is viharossá fokozódott, itt csak a mértékben volt különbség (északkeleti és északnyugati körzetben jelentősebb a fölébecsülés).

Az igazi eltérés a maximumhőmérsékletben volt. A délutáni hőmérsékletet jól közelítette az előrejelző, de azzal nem számolt, hogy reggel és délelőtt még melegebb lehet, és ez lesz a maximum. Ha a megfogalmazásban délutáni hőmérséklet szerepelt volna, akkor az előrejelzés közelebb jár a valósághoz, de természetesen a verifikálás szerint ekkor is rossz a prognózis. Megoldást jelenthet a külön délelőtti és délutáni vonatkozó kódolás.

A részletesen nem elemzett esetekben részben időbeli problémák, halmazállapot eltérés okozta a gyengébb bevéálást.

A 2001. június 16-i prognózisban a várt zápor, zivatar, felhőszakadás kb. 12 óra eltéréssel valósult meg, ami nyilván az értékelés szempontjából nem jó, másrészt viszont egy közeledő hidegfront előtt nyáron nem lehet kihagyni a konvektív csapadékrendszerek lehetőségét.

A prognózisok utólagos elemzése világított rá arra is, hogy a zivatarokhoz előrejelzett kifutó szelet nem veszi figyelembe a verifikációs program, tehát nyáron a szelet gyakrabban minősíti rossznak, mint ami a kiadott előrejelzésnek megfelelne.

A március 26-i előrejelzésnél szintén időbeli eltérés volt, a modellek gyorsabban helyezték keletre a feletünk lévő frontrendszer, gyorsabban csökkentették a levegő nedvesség tartalmát. A több felhő és csapadék, valamint az előrejelzettnél alacsonyabb 850 hPa-s értékek miatt a maximumhőmérséklet elmaradt a várttól. Ez esetben az aktuális 850 hPa-s topográfia alapján jobb előrejelzés születhetett volna.

Összefoglalás

Az utólagos elemzések hasznosak, felhívják a figyelmet a gyakori hibákra, ugyanakkor még megoldandó verifikálási problémák is előtérbe kerülnek (pl. szélhőkés verifikálása).

A most bemutatott esetek alapján azt is hangsúlyozni lehet, hogy a numerikus modellek mezőit megfelelő kritikával célszerű kezelni, és jobban támaszkodni kell az aktuális megfigyelésekre is.

Dobosi Erzsébet,
Jenki Szilvia, Ujváry Katalin

MI MENNYI? – A METEOROLÓGIAI PROGNÓZISOK INTERPRETÁLÁSÁBAN

Kölcsönvettük egy TV műsor címét, és ahogy a TV műsor egy-egy adás során megpróbálja kideríteni azt, hogy egy bizonyos termékfajta, vagy szolgáltatásfajta tulajdonképpen mi és mennyibe kerül, úgy mi is azt próbáljuk meg kideríteni egy szűk körben végzett felméréssel, hogy az időjárás jelentésekben használt kifejezések mit, pontosabban: számadattal jellemezve, mennyit jelentenek elsősorban a szinoptikusok számára.

A felméréssel tulajdonképpen tükröt tartottunk magunk elé. A tükör néha kissé torz képet mutatott, ezért ezt korrigálandó javaslatot teszünk ennek helyrehozására.

Elérendő célunk egyrészt az, hogy az időjárás előrejelzésekben használt kifejezések, terminológiák pontosan meghatározottak, a szinoptikusok által elfogadottak legyenek, másrészt – és ez legalább ennyire fontos feladat – megkísérelni elérni azt a célt, hogy a prognózisok érthetők legyenek és azokat lehetőleg mindenki helyesen, azonos jelentéstartalommal értelmezze.

Az időjárás előrejelző tevékenység csak akkor lehet sikeres, – túl a szakmai követelményeken – ha az előrejelzést úgy tudja „közvetíteni”, eljuttatni minden felhasználóhoz, hogy annak eredeti jelentéstartalma minél kevesebbet csorbuljon, egyértelmű és érthető legyen.

A felmérésben az OMSZ szinoptikusai és katonai meteorológusok szinoptikával foglalkozó munkatársai

vettek részt. Körülbelül 50 kérdőívet osztottunk ki, ebből 32 érkezett vissza kitöltve.

Néhány szó a kérdőívekről. Egy kérdéscsomag 4 kérdőívet tartalmaz. Az elsőn 10, a másodikon 11, a harmadikon 13, a negyediken 12 kérdés szerepelt, összesen tehát 46 kérdés. Az első íven a prognosztizált időjárási paraméter térbeliségére, a másodikban az időtartamára, vagy általában véve a prognózisban szereplő időtartamokra, a harmadikon a mennyiségére, a negyediken az időjárási események bekövetkezésének valószínűségére vonatkoztak a kérdések. Az első és második íven, mint a kérdőívek szerkesztői, javaslatot tettünk a megjelölt terminológiák százalékos értelmezésére, míg a harmadik és negyedik íven számadatokkal, százalékban megadva vártuk a válaszokat. Az első két íven, ha egyetértettek a javaslatunkkal, akkor egy x-et tettek a megfelelő helyre, ha pedig nem, akkor leírták, százalékban megadták javaslataikat az erre a célra megjelölt helyre. A felmérésben szereplő összes kérdés és a válaszok ismertetésére most nincs lehetőség, jó néhány kérdés kimaradt ebből a cikkből.

A kiértékelést és a javaslatok összeállítását nem kis mértékben megnehezítette az, hogy a beérkezett válaszokat nem lehetett egymást kizáró osztályközösbe sorolni (pl. az 1. ábrán a <10% oszlopba a további három is „matematikailag” beletartozik, de a válaszok a bemutatottak szerint szórtak).

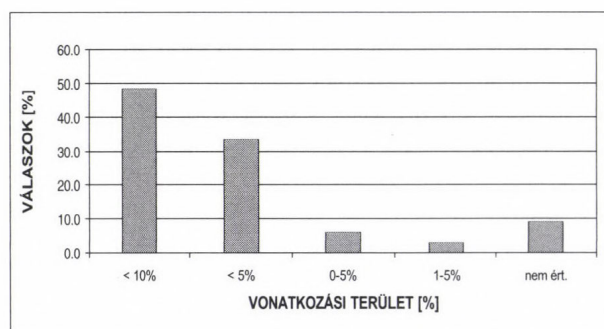
A FELMÉRÉS KIÉRTÉKELÉSE

A. TERÜLETI ELOSZLÁSRA VONATKOZÓ KIFEJEZÉSEK

EGY-KÉT HELYEN (1. ábra)

Noha a válaszoknak 48,5 % -a egyetért az általunk javasolt <10% kategóriával, aggasztott bennünket az ellenszavazók igen magas száma. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy 51,5% nem értett egyet javaslatunkkal. Megalapozottnak tűnik azon feltételezés, hogy a 48,5% több, mint fele támogatná a <5% verziót is. A végeredmény az, hogy jelentős többséget szereztek a másodmaximum képviselői, ezért önkritikusan megállapítjuk, hogy a kategória kitévése nem volt elég körültekintő.

JAVASLAT: Az „egy-két helyen” kategória vonatkozási tartománya legyen <5%.

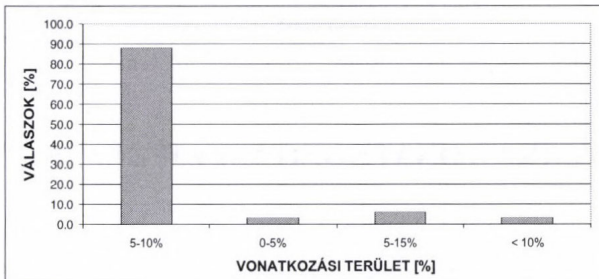


1. ábra: Eredeti „Egy-két helyen”

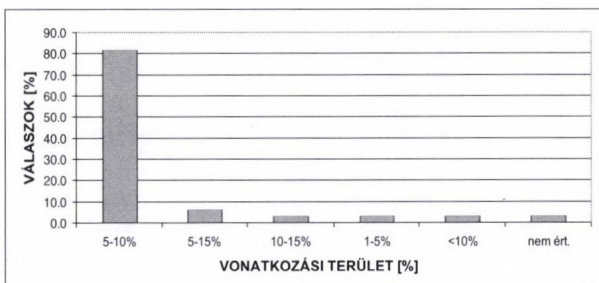
NÉHÁNY HELYEN, NÉHOL (2.a és 2.b ábra)

A kérdőíveken adott válaszok is alátámasztják, hogy a „néhány helyen” és a „néhol” kategória ugyanazt a jelentéstartalmat fedi.

JAVASLAT: A „néhol” illetve a „néhány helyen” kategória egymással helyettesíthető, és vonatkozási tartománya az adott terület 5 – 10%-a.



2.a. ábra: Eredeti „Néhány helyen”

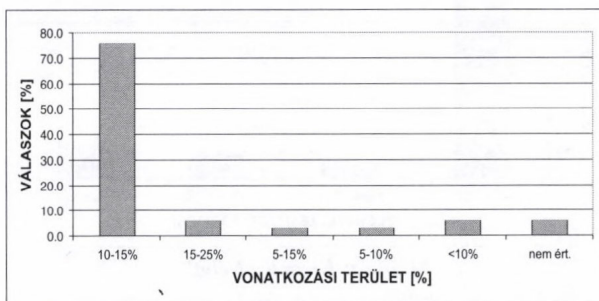


2.b. ábra: Eredeti „Néhol”

KEVÉS HELYEN (3. ábra)

A „kevés helyen” kategória általunk javasolt alkalmazási tartományát 75,8%-ban elfogadták a válaszadók.

JAVASLAT: A vonatkozási tartomány legyen 10-20%.



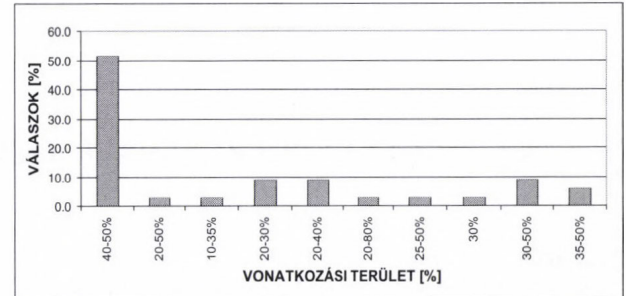
3. ábra: Eredeti „Kevés helyen”

SZÓRVÁNYOSAN (4. ábra)

Komoly gondot jelentett a szakmában nagyon elterjedt „szórványosan” kategória vizsgálata. Alapkérdés az, hogy van-e különbség a „szórványosan” illetve az „elszórtnan” kifejezések között. Ha van különbség, melyik jelent mennyiségileg többet, melyik fejez ki nagyobb bizonytalanságot a területi eloszlást illetően, melyik tartalmaz kisebb, vagy nagyobb mértékben ismétlődési lehetőséget. A válaszok elemzése során

két fontos megállapítást tehető. Egyrészt az általunk javasolt vonatkozási tartomány támogatottsága más kérdésekhez képest alacsony, másrészt az eltérő választ adók mindegyike lefelé érzi szűknek a kategória határát.

JAVASLAT: A „szórványosan” kifejezés vonatkozási tartománya legyen 35-50.

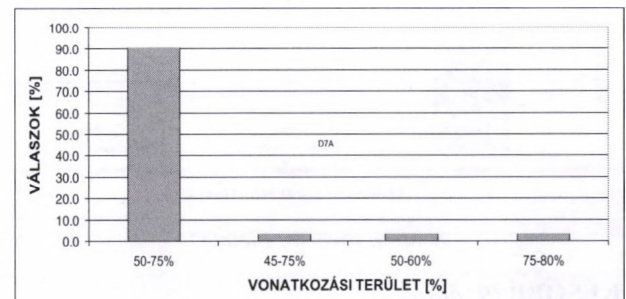


4. ábra: Eredeti „Szórványosan”

TÖBBFELÉ (5. ábra)

Az eredeti javaslatot elfogadók aránya igen magas, ez különösebb elemzést nem igényel

JAVASLAT: A „többfelé” kategória vonatkozási tartománya legyen 50-75%.

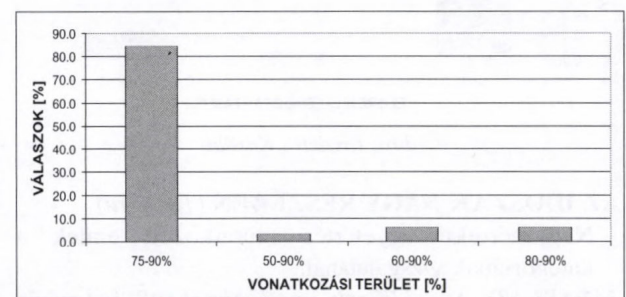


5. ábra: Eredeti javaslat „Többfelé”

SOKFELÉ (6. ábra)

A javaslatunkat elfogadók magas aránya, illetve az a tény, hogy a más javaslatot tevők hozzávetőleg egyenlő arányban (6-6 %) módosítaná lefelé, illetve fölfelé a kategória alsó határát, meggyőzött bennünket arról, hogy az eredeti javaslatot kell megtartanunk.

JAVASLAT: A „sokfelé” kategória vonatkozási tartománya legyen 75-95 %.

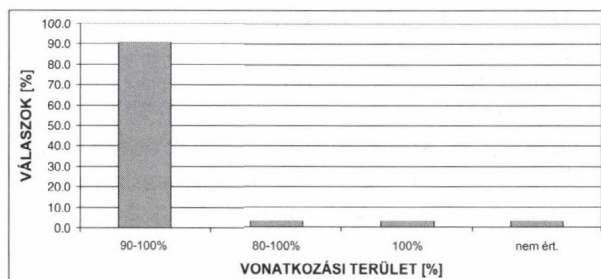


6. ábra: Eredeti javaslat „Sokfelé”

ORSZÁGSZERTE (7. ábra)

Úgy véljük a számok nem igényelnek külön magyarázatot.

JAVASLAT: az „országszerte” kategória vonatkozási tartománya legyen 100%.

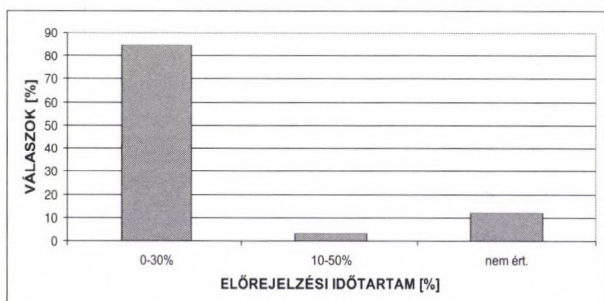


7. ábra: Eredeti javaslat „Országszerte”

B. AZ IDŐBELI ELOSZTLÁSRA, IDŐTARTAMRA VONATKOZÓ KIFEJEZÉSEK**ELEINTE (8. ábra)**

Viszonylag magas a javaslatunkat elfogadók százalékos aránya, mindenesetre figyelmet érdemel a nem értékelhető válaszok száma is

JAVASLAT: Az „eleinte” kategória vonatkozási tartománya legyen 0-30%.

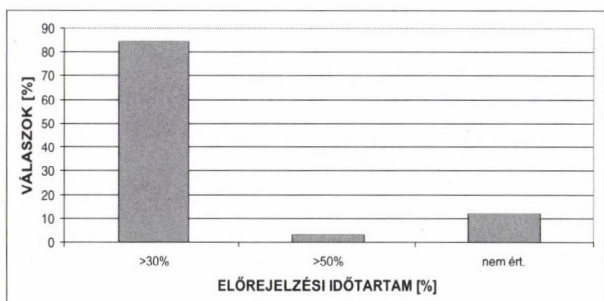


8. ábra: Eredeti „Eleinte”

KÉSŐBB (9. ábra)

Lényegében ugyanaz elmondható itt is, mint az előző kategóriánál.

JAVASLAT: A „később” kategória vonatkozási tartománya legyen 30-100%

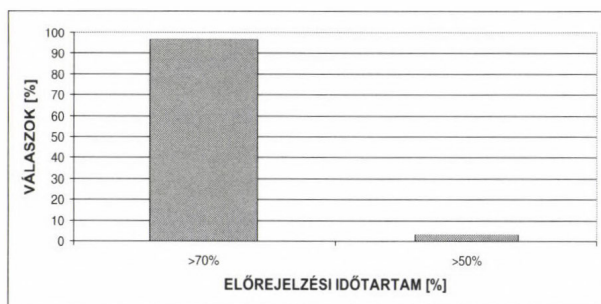


9. ábra: Eredeti „Később”

AZ IDŐSZAK NAGY RÉSZÉBEN (10. ábra)

Nagymértékű egyetértés mutatkozott ennek a kategóriának vizsgálatánál.

JAVASLAT: Az „időszak nagy részében” kategória vonatkozási tartománya > 70%

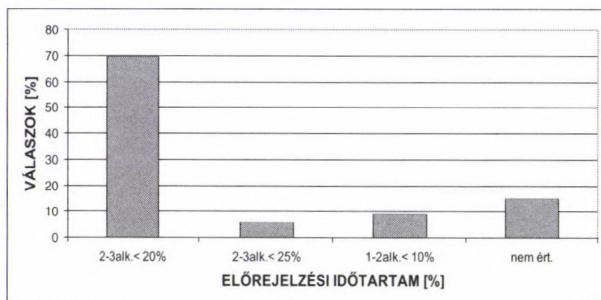


10. ábra: Eredeti „Az időszak nagy részében”

NÉHA (11. ábra)

Eredeti javaslatunkat sokan támogatták.

JAVASLAT: A „néha” kategória 2-3 alkalommal ismétlődő jellegű időjárás jelenségre utal, amely a prognózis teljes időtartamának kevesebb, mint 20%-ában fordul elő.

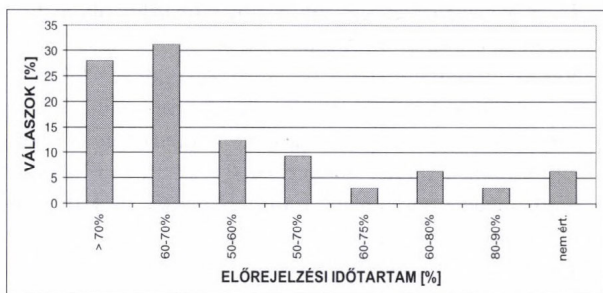


11. ábra: Eredeti „Néha”

TÖBBNYIRE (12. ábra)

A kérdésre adott válaszok szórása meglehetősen nagy. Összefoglaljuk azokat a logikai úton levonható következtetéseket, amelyek feltételezéseink szerint a válaszolók megfontolásait tükrözik. Mindent összevetve arra következtetésre jutottunk, hogy az összes válasz közös nevezőre hozása lehetetlen vállalkozás, így megpróbáltuk azokat a súlyuknak megfelelő mértékben beépíteni a javaslatba. Vezérlő elvként azt vettük figyelembe, hogy 50%-nál nem mehetünk lejjebb az alsó határral.

JAVASLAT: A „többnyire” kategória vonatkozási tartománya legyen 50-70%

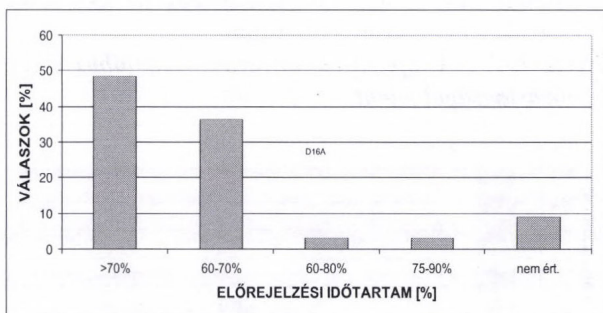


12. ábra: Eredeti „Többnyire”

TÚLNOMÓRÉSZT (13. ábra)

A válaszok elemzése során az előbbi gondolatmenet követése látszott célravezetőnek: a nagyobb, mint 70%-ra, illetve a kisebb, de zárt tartományra vonatkozó logikai következtetés itt is megáll, a válaszadók 54%-a szeretné a felső határt legalább 80% fölé emelni és a válaszadók 39,4%-a szeretné alsó határnak a 60%-ot. Kicsit magasnak tartjuk a nem értékelhető válaszok arányát.

JAVASLAT: A „túlnomórészt” kategória vonatkozási tartománya legyen 70-90%.

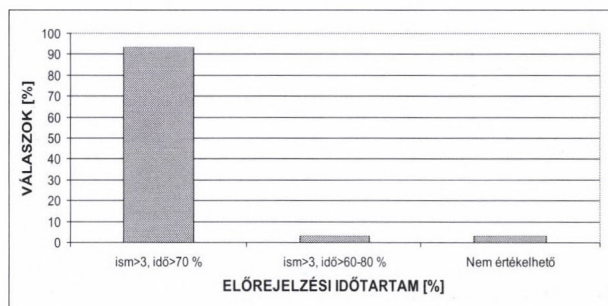


13. ábra: Eredeti „Túlnomórészt”

GYAKRAN (14. ábra)

Az eredeti javaslatot elfogadók aránya tekintélyt parancsoló.

JAVASLAT: A „gyakran” kategória a prognózis időszakában háromnál többször ismétlődő időjárási jelenségekre alkalmazandó.

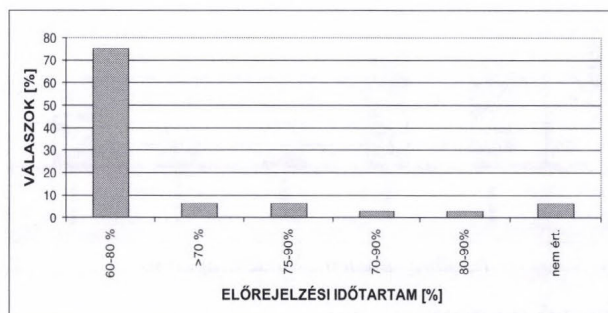


14. ábra: Eredeti „Gyakran”

NAGYRÉSZT (15. ábra)

Elfogadtuk, hogy a többnyire és a nagyrészt lényegében azonos tartalommal bírnak és egymás helyettesítésére használhatók.

JAVASLAT: A „nagyrészt” kategória vonatkozási tartománya legyen 50-70%.



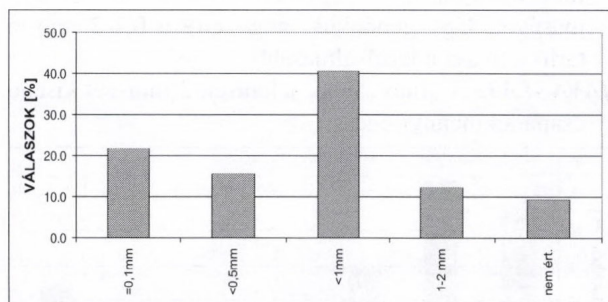
15. ábra: Eredeti „Nagyrészt”

C. MENNYISÉGRE UTALÓ KIFEJEZÉSEK

JELENTÉKTELEN (16. ábra)

A kérdőíves válaszok 21,9%-a a „jelentéktelen csapadék” kategóriát 0,1 mm mennyiséggel azonosította. Azoknak válaszolóknak, akik a <0,5 mm-t jelölték meg e kategória értelmezési tartományaként, azt kell mondanunk, hogy elvi kifogásunk nincs a 0,5 mm bevezetése ellen és még itt is nagy a mérési bizonytalanság. Úgy gondoljuk, hogy a klimatológiai munkákban már bevált 0,1 mm, valamint 1 mm közé nem célszerű újabb kategóriát beiktatni.

JAVASLAT: A „jelentéktelen” kategória legyen < 1 mm.



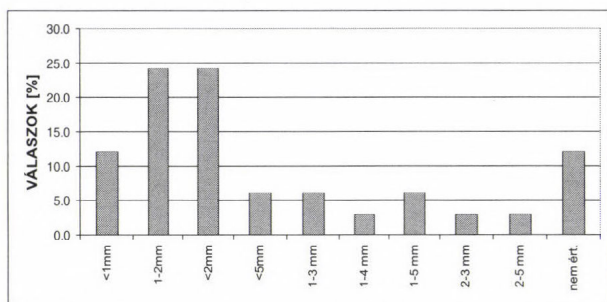
16. ábra: Eredeti „Jentéktelen csapadék”

KISEBB (17. ábra)

Kompromisszumos javaslatot terjesztünk elő, amelynek megalkotásában figyelembe vettük, hogy többen

a 3, 4 sőt 5 mm-t jelölték meg az intervallum felső határának.

JAVASLAT: A „kisebb” kategória jelentése legyen 1-4 mm.

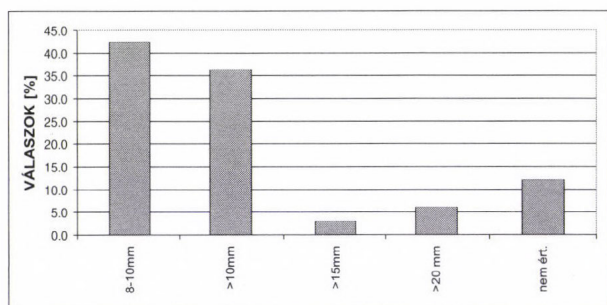


17. ábra: Eredeti „Kisebb csapadék”

KIADÓS ZÁPORESŐ (18. ábra)

A kérdés feltevésekor nem a závorszerű csapadékfajta, hanem a „kiadós” csapadékmennyiségre gondoltunk. Ha továbbra is szem előtt tartjuk a klimatológiai felosztást, akkor e kategóriát az 5-10 mm közötti várható csapadékmennyiség esetén ajánljuk használni.

JAVASLAT: A „kiadós” jelentése legyen 5-10 mm.

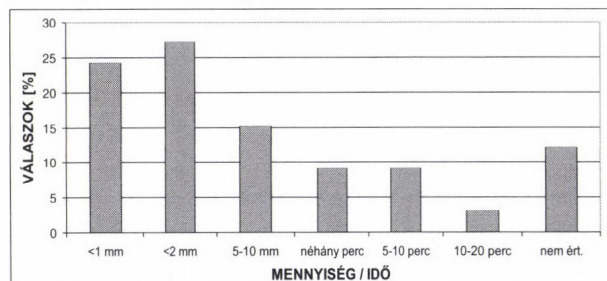


18. ábra: Eredeti „Kiadós záporoső”

FUTÓ ZÁPOR (19. ábra)

Kétségtelen tény, hogy a „futó zápor” esetében a jelző a csapadék gyors lezajlását jelenti, míg a csapadék formája a nagyobb mennyiségre utal. Eme két rétegű jelentéstartalmat méltányoljuk akkor, amikor a „futó zápor” különleges kategóriaként értelmezzük, és megengedjük, hogy egyszerre töltsön ki két klímásávot. Úgy gondoljuk, hogy erre a 0,1-2 mm-ig tartó szakasz a legalkalmasabb

JAVASLAT: A „futó zápor” jelentésen 2 mm-nél kisebb csapadékmennyiséget.

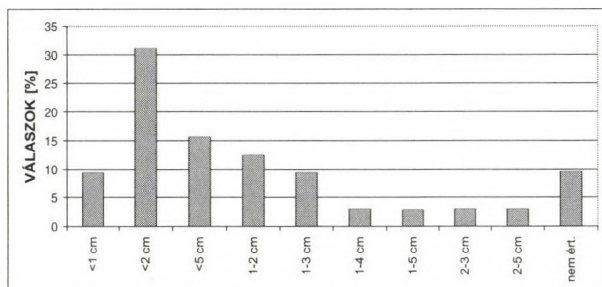


19. ábra: Eredeti „Futó zápor”

KISEBB HAVAZÁS (20. ábra)

Általában azt szokták mondani, hogy 1 mm csapadék 1 cm vastag hóréteget alkot, ám előfordul olyan havazás is, amikor 1 mm csapadék hó egyenértéke 2 cm. Véleményünk szerint az ilyen vastagságot adó hó a mi tájainkon viszonylag ritka, ráadásul önmagától összeroskad 1-2 nap alatt, azaz átmeneti állapotban levőnek tekinthető. Mindez megerősített bennünket abban, hogy javaslatunkban az 1 mm csapadék = 1 cm hó egyenértékét tekintjük mérvadónak.

JAVASLAT: A „kisebb havazás” kategória < 2 cm havat jelentsen.

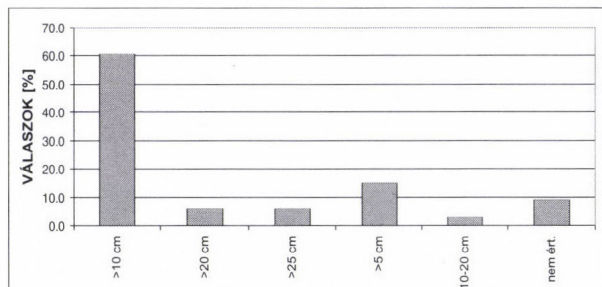


20. ábra: Eredeti „Kisebb havazás”

JELENTŐS HAVAZÁS (21. ábra)

Számolva azzal, hogy nem mindig egyenértékű 1mm csapadék 1 cm hóval, javaslatunk

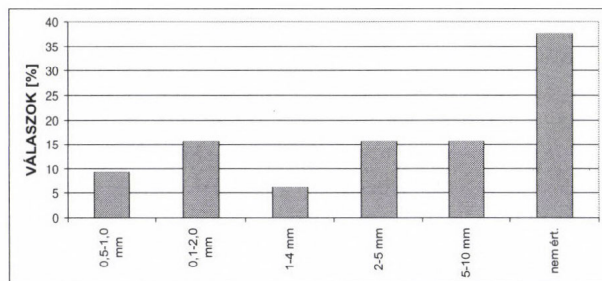
JAVASLAT: A „jelentős havazás” legalább 10 cm hóvastagságot jelent



21. ábra: Eredeti „Jelentős havazás”

MENNYISÉGI JELZŐ NÉLKÜLI CSAPADÉK (22. ábra)

A kérdésre adott válaszok tükrözik azt, hogy ez a kifejezés nem egyértelmű, az előrejelzők lehetőleg kerülik a használatát, ezért javaslat ebben a kérdésben nem született.

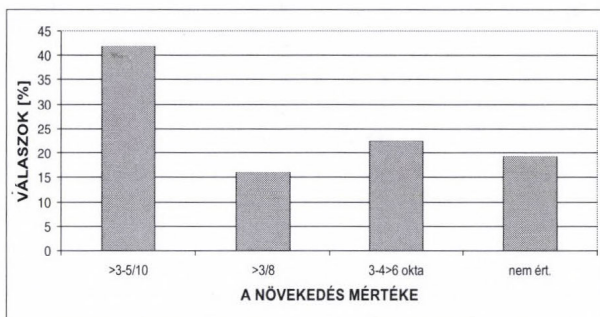


22. ábra: Eredeti „Mennyiségi jelző nélküli csapadék”

MEGNÖVEKVŐ FELHŐZET (23. ábra)

A válaszok alapján a 3 okta növekedést javasoljuk elfogadni.

JAVASLAT: A „magnövekvő felhőzet” legalább 3 okta felhőzetnövekedést jelentsen.



23. ábra: Eredeti „Megnövekvő felhőzet”

JELENTŐS FELMELEGEDÉS (24. ábra)

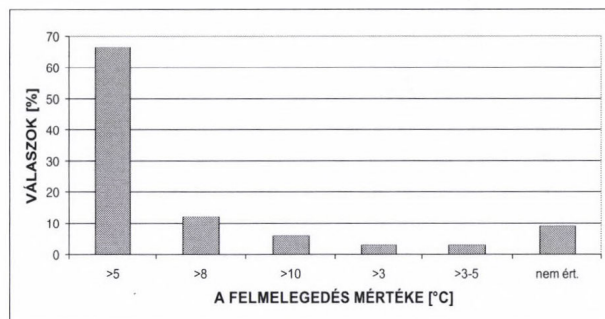
A szinoptikusok döntő többsége öt fokos hőmérséklet emelkedést tart megfelelőnek.

JAVASLAT: A „jelentős felmelegedés” legalább 5 fokos hőmérséklet emelkedést jelent.

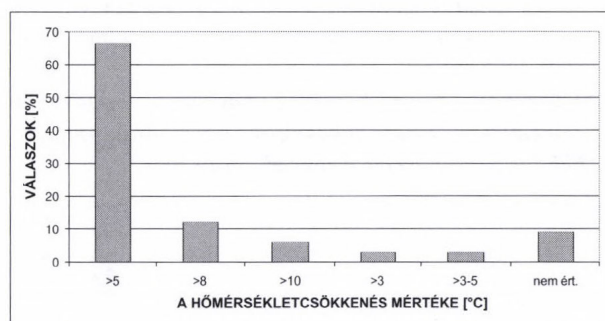
JELENTŐS HŐMÉRSÉKLET CSÖKKENÉS

(25. ábra) Összehasonlítva a válaszokat jelentős hőmérséklet emelkedéssel, kiderül, hogy a válaszolók konzekvensek voltak.

JAVASLAT: A „jelentős hőmérséklet csökkenés” legalább 5 fok hőmérséklet csökkenést jelentsen



24. ábra: Eredeti „Jelentős felmelegedés”
(Azonos időszakhoz képest)

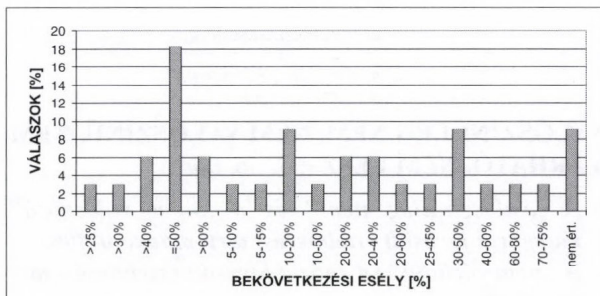


25. ábra: Eredeti „Jelentős hőmérsékletcsökkenés”
(Azonos időszakhoz képest)

D. VALÓSZÍNŰSÉGRE UTALÓ KIFEJEZÉSEK**LEHET (26. ábra)**

A „lehet” kategória alatt valami olyasmit értünk, aminek bekövetkezési esélye 50% körüli.

JAVASLAT: A „lehet” kategóriának a 30-60% közötti sáv feleljen meg.



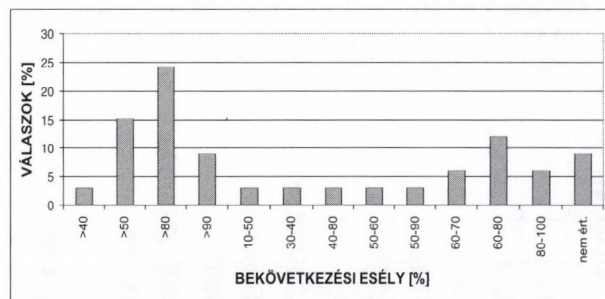
26. ábra: Eredeti „Lehet”

VALÓSZÍNŰ (27. ábra)

A felhasználók a „valószínű” használatakor arra asszociálnak, hogy az adott jelenség bekövetkezési lehetősége nagyobb, mint 50%.

JAVASLAT: A „valószínű” kategória értelmezési tar-

ományát, olyan eseményekre javasoljuk alkalmazni, amelyeknél a bekövetkezési esély 60-70%.

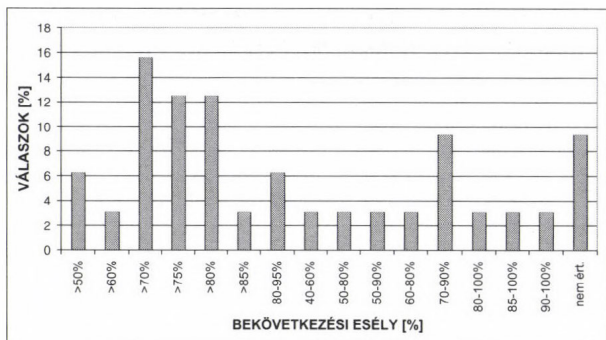


27. ábra: Eredeti „Valószínű”

VÁRHATÓ (28. ábra)

Javasoljuk, hogy a „várható” és a „számíthatunk” kifejezéseket a gyakorlatban tekintsük egymás szinonimájának és értelmezési tartományuk 70-90% között legyen.

JAVASLAT: A „várható” kategória értelmezési tartományát olyan eseményekre javasoljuk alkalmazni, amelyeknél a bekövetkezési esély 70-90%.

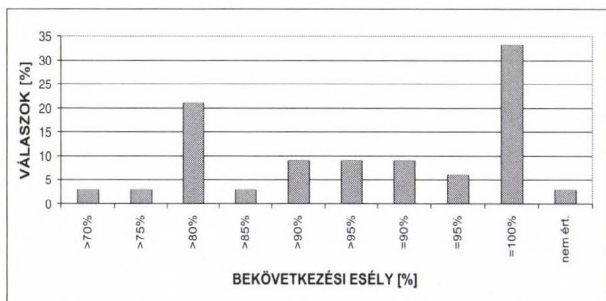


28. ábra: Eredeti „Várható”

LESZ (29. ábra)

Nyilvánvaló, hogy a válaszoló szinoptikusok 33,3%-a arra gondolt a „lesz” kategória =100% megjelölésénél, hogy a „van” ige jövő idejű alakjáról van szó.

JAVASLAT: A „lesz” kategóriát olyan események előrejelzése során javasoljuk használni, amelyek bekövetkezési esélye nagyobb, mint 95%.

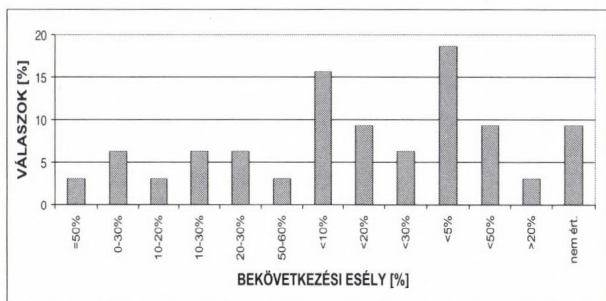


29. ábra: Eredeti „Lesz”

NEM KIZÁRT (30. ábra)

Az a megoldás látszik legjobbnak, ha a „nem kizárt” kategória felső határát 10%-ban szabjuk meg.

JAVASLAT: A „nem kizárt” kifejezés < 10% valószínűséget jelentsen

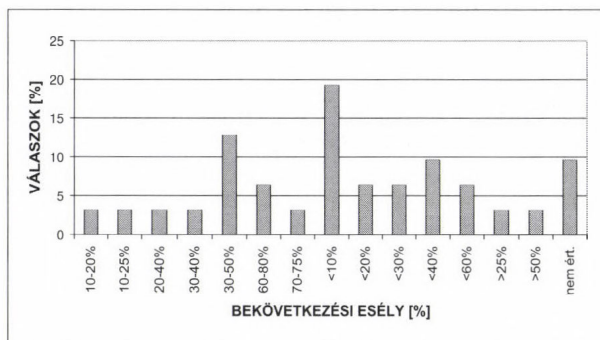


30. ábra: Eredeti „Nem kizárt”

ELŐFORDULHAT (31. ábra)

Az „előfordulhat” kategória értelmezési tartománya a 30-60%-os sáv.

JAVASLAT: Az „előfordulhat” kategória jelentése 30-60 %.



31. ábra: Eredeti „Előfordulhat”

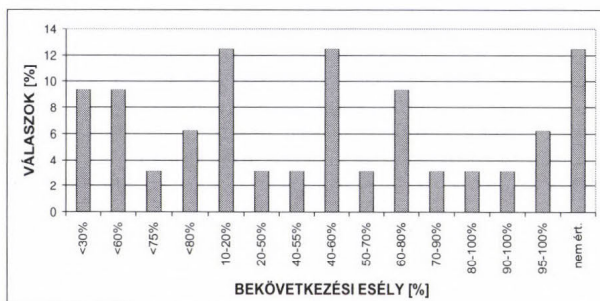
ELŐFORDUL (32. ábra)

Az „előfordul” kategória is a 30-60%-os sávba kerül.

JAVASLAT: Az „előfordul” több, mint 90 %-ot jelentsen.

Ez egyben azt is jelenti, hogy a „lehet” és az „előfordulhat” valamint az „előfordul” és a „lesz” kategória értelmezési tartománya azonos, azaz e kifejezéseket a meteorológiai előrejelzésekben egymással helyettesíthetjük.

Néhány olyan kérdés is szerepelt az általunk kibocsátott kérdőívben, amelyekben bizonyos kategóriák tagadása szerepel önálló kérdésként. Egy negatív kategória esetében nyilvánvaló, hogy az értelmezési tartomány alsó határa mindenképpen zérus. Nem minősíthetünk sikertelennek egy prognózist azért, mert a „nem valószínűnek” minősített esemény tényleg nem következett be.



32. ábra: Eredeti „Előfordul”

VALÓSZÍNŰLEG NEM, NEM VALÓSZÍNŰ, NEM VÁRHATÓ, NEM LESZ (33.-36. ábra)

A „valószínűleg nem” és a „nem valószínű” kategória javasolt értelmezési tartománya 0-30%

A „nem várható” kategória javasolt értelmezési tartománya:

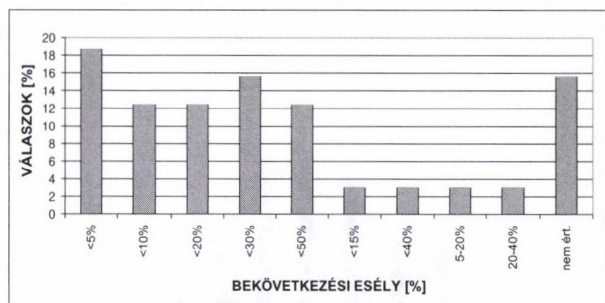
0 – 20 %

A „nem lesz” kategória javasolt értelmezési tartománya

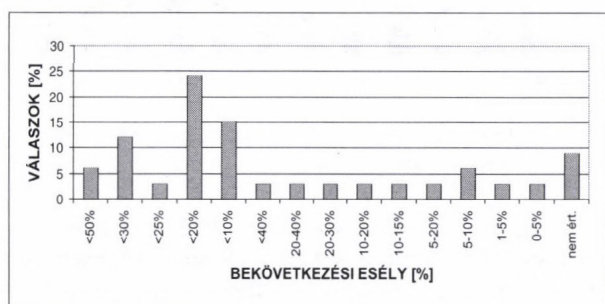
0 – 5 %

Felmérésünk akkor lehet csak hasznos, ha a jövőben a szinoptikusok a nagyközönségnek szóló előre-

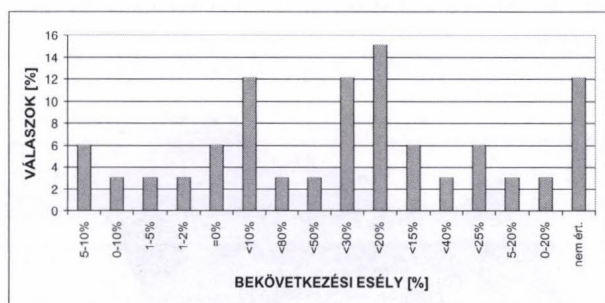
jelzések megfogalmazásakor a feldolgozás végeredményének megfelelő értelemben egységesen használják az egyes kifejezéseket.



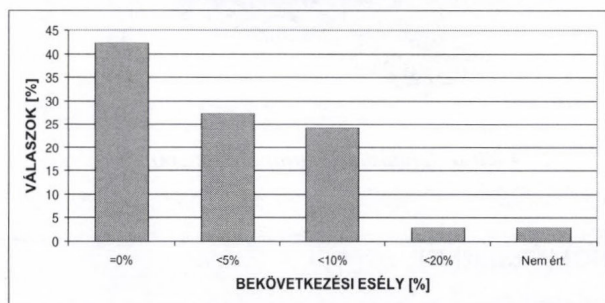
33. ábra: Eredeti „Valószínűleg nem”



34. ábra: Eredeti „Nem valószínű”



35. ábra: Eredeti „Nem várható”



36. ábra: Eredeti „Nem lesz”

APPENDIX

A kérdőív kitöltése alkalmával lehetőség nyílt egyéb javaslatok megfogalmazására is. Bemutatjuk a beérkezett javaslatokat és megfogalmazzuk véleményünket azok alkalmazását illetően. Miután ezen kategóriák esetében nem támaszkodhatunk a kérdőívet kitöltő szinoptikusok

teljes körének véleményére, mondandónk legfeljebb orientáló jellegű.

Bárhol:

Alkalmazása értelemszerű, értelmezési tartományt csak a hozzá társuló időjárási eseménynek kell megjelölni.

Mindenhol:

Javasoljuk értelmezési tartományát az „országszerte” kategória (100%) értelmezési tartományával azonosnak tekinteni.

Az ország nagy részén:

Javasoljuk értelmezési tartományát az „sokfelé” kategória (75-90%) értelmezési tartományával azonosnak tekinteni.

Egyre többfelé:

Alkalmazása értelemszerű, a kérdőívben szereplő „többfelé” kategória kiegészítése, pontosítása

Elvétve:

Javasoljuk értelmezési tartományát a „néhol” kategória (5-10%) értelmezési tartományával azonosnak tekinteni.

Legfeljebb egy-két helyen:

Az „egy-két helyen” szerepel önálló kategóriaként, a legfeljebb szócska nem szignifikáns módosítás.

Túlnyomóan:

Azonos tartalmúnak véljük a kérdőívben szereplő „túlnyomórészt” kategóriával.

Tartósan:

Csak sajnálni tudjuk, hogy nem szerepelt az eredeti kérdőívben, a javaslattevő értelmezési tartományát nem egészen értjük (80-100%). Javasoljuk használatát esetén a 12 órás időtartamot mérvadónak tekinteni. Ennek alapja az a tény, hogy általában 12 óránként készülnek a légkör általános állapotát leíró met-szetek, illetve prognózisok.

Heves zápor, zivatar:

Véleményünk szerint fontos kiegészítő információ a „heves” jelző, használatát alkalmanként javasoljuk, de nem helyettesítheti a csapadék mennyiségére való utalást.

Zivatar felhőszakadással:

Fontos kiegészítő információ, értelmezési tartománya véleményünk szerint azonos a „jelentős mennyiségű eső” kategória (ez jelenti a legnagyobb mennyiséget, felső határ nélkül) értelmezési tartományával.

Igen nagy mennyiségű csapadék:

Különleges esetekben egyetértünk alkalmazásával, de az értelmezési tartomány meghatározása nem célszerű.

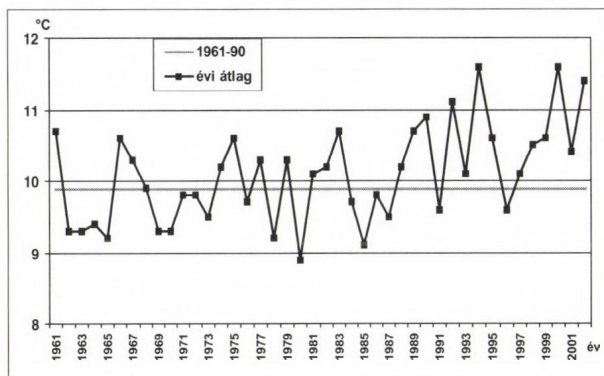
Kell számítani:

Kétségtelen, hogy nyomatékosítja a „számíthatunk” kategóriát, ám annak magasra sorolása miatt nem látunk elegendő okot arra, hogy az értelmezési tartománya kiterjedtebb legyen.

Ádám Ferenc – H. Bóna Márta – Kocsis Ferenc

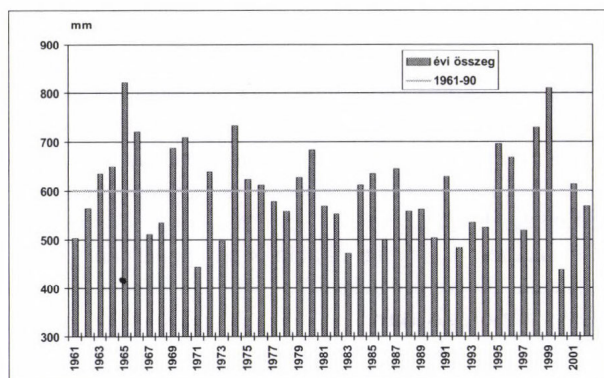
A 2002. ÉV IDŐJÁRÁSA

A 2002-es év az átlagnál melegebb, kissé szárazabb volt. A 38 állomás adatából képzett országos évi középhőmérséklet $11,4^{\circ}\text{C}$, amely 1961 óta a harmadik legmelegebb évnék bizonyult (1. ábra).



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

Az 1961-90-es középtértnél 5%-kal kevesebb, országos átlagban 570 mm csapadék hullott (2. ábra).



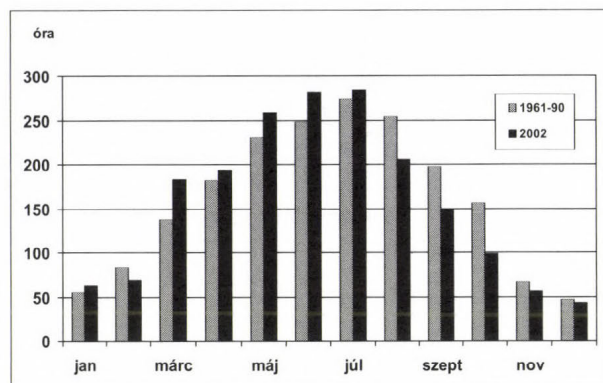
2. ábra Az átlagos évi csapadékösszegek és a sokévi (1961-90) átlag

A hazánk éghajlatára jellemző változékony időjárás az év folyamán bővelkedett rendkívüliségekben. Csaknem minden évszakban megdőlt néhány hőmérsékleti vagy csapadék rekord.

NAPFÉNYTARTAM

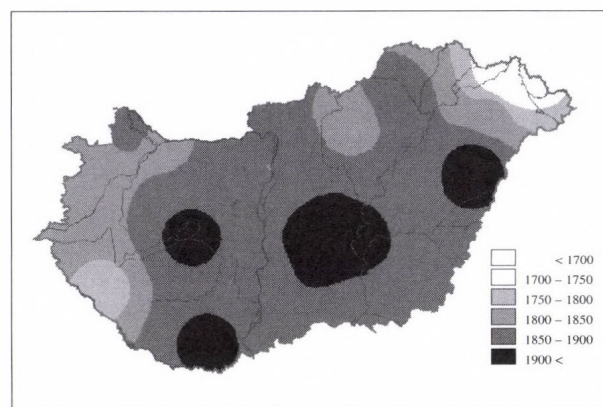
Budapest pestlőrinci állomásának hosszú adatsora szerint átlagosan 1950 óra a tényleges évi napfénytartam, ami a fele sincs a csillagászatilag lehetséges értéknek. 2002-ben az átlag 98 %-ában, 1890 órán át sütött a nap. A napsütéses órák számának havi értékeit mutatja be a 3. ábra. Az év első felében átlag feletti

menyiségű, augusztustól átlagnál kevesebb napsütésben volt részünk.



3. ábra A napsütéses órák havi összege 2002-ben és 1961-90 között Budapest-Pestlőrincen

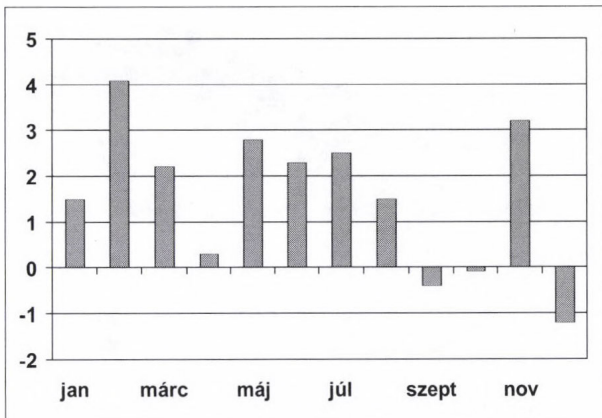
A napsütéses órák számának 2002. évi eloszlása nagyjából megfelelt a sokéves eloszlás képének (4. ábra). A legnaposabb területek az Alföldön, Baranyában és a Balaton keleti térségében voltak, míg a legalacsonyabb értékeket az északi határ mentén mérték.



4. ábra A napsütéses órák száma 2002-ben

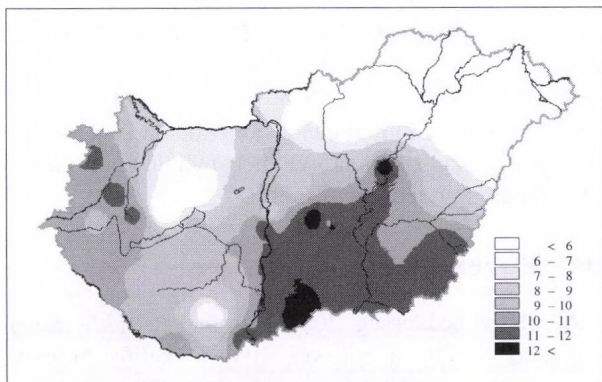
HŐMÉRSÉKLET

2002. első napjaiban még folytatódott a 2001. decemberi rendkívüli hideg, a tél második felében azonban szokatlanul tavaszi meleg köszöntött be. A januári hőmérsékleti maximumok helyenként meghaladták a $+18,0$ fokot, a hónap utolsó napjaiban több helyen megdőlt az évszázados rekord. A legmelegebbet ($+20,0$ fokot) 29-én regisztrálták Baranya megyei Mázán. Helyi rekordok még február elején is előfordultak.



5. ábra Az országos havi középhőmérséklet eltérése a sokévi átlagtól 2002. évben

A tavaszi középhőmérsékletek is az átlag felett alakultak (5. ábra). Főként márciusban és májusban volt jóval enyhébb az idő a szokásosnál. Az április első felében fellépett fagyok azonban nagy károkat okoztak a virágzó gyümölcsfákban.



6. ábra A 30 fok fölötti hőmérsékletű napok száma 2002. júniusban

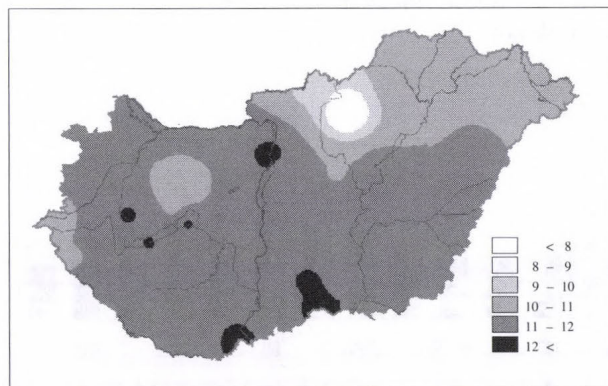
A nyár rendkívül meleg volt. Június első dekádjában még a szokásos hőmérsékletek fordultak elő. A hónap közepétől kezdődően azonban beköszöntött a kánikula. A nyár elején ritkábban van benne részünk, ezúttal júniusban egyfolytában kb. tíz napig tartott (6. ábra).

A fővárosban és az ország déli felében a maximum hőmérséklet három napon a 35 fokot is meghaladta. A forróság elviselését nehezítette, hogy a hajnali minimumok 20 fok felett maradtak. Júliusban és augusztus nagy részében is folytatódott a kánikula. A fővárosban július 10-én dőlt meg az aznapra vonatkozó rekordhőmérsékleti (1942 évi 33,6 fokos) érték, az új rekord: 34,9 fok.

Az elmúlt évben az ősz szeszélyesen alakult. A szeptemberi középhőmérséklet csupán néhány tized fokkal, de elmaradt a szokásostól, a hónap nagyobbik részében országsszerte hűvös, csapadékos időben volt

részünk. Az október jellegzetesen őszi időjárású volt. Meglehetősen korán, november 4-én hullott le az első hó, ezt követően azonban 14 és 21 között hirtelen beköszöntött a késői „vénesszonyok nyara”. A nappali csúcshőmérséklet az országban mindenütt 15 fok felett alakult, sőt egyes napokon a 20 fokot is meghaladta. Néhány helyi meleg rekord is született, november 15-én például Fonyódon 24,0 fokot, Keszthelyen 23,9 fokot mértek. Budapesten az utolsó ötven évben nem volt arra példa, hogy november közepén a legmagasabb nappali hőmérséklet 5 napon keresztül 18 fok felett alakult volna.

Az évi középhőmérséklet országsszerte 6,9 és 12,5°C között alakult (7. ábra). A hegyvidékek és az északi-keleti országrész kivételével 11°C feletti volt az átlaghőmérséklet az egész ország területén. 12°C-nál is melegebb volt a főváros belterületén és az ország néhány déli állomásán.

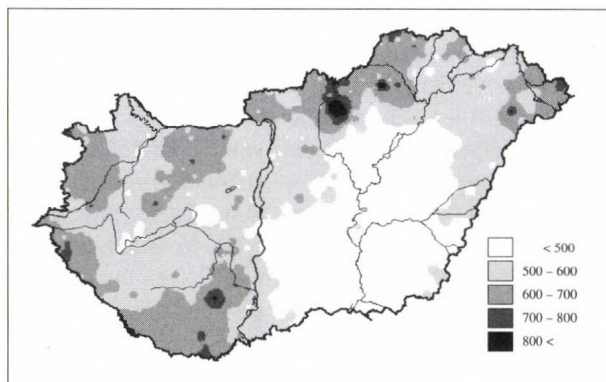


7. ábra 2002. évi középhőmérséklet (°C)

A 2002. év hőmérsékleti viszonyainak jellemzésére megnéztük a hőmérsékleti küszöbnapok előfordulásait is. Az év során átlagosan 24 téli napot ($T_{\max} \leq 0^\circ\text{C}$) regisztráltak, ez a sokéves átlag alatt maradt. Az elmúlt évben átlagosan 95 napon süllyedt a hőmérő higanyszála fagypontra alá az ország területén, ami közelítőleg megegyezik a sokéves országos átlaggal. Nyári nap ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) átlagosan 79 fordult elő, ami több a szokásosnál. Hőségnapot ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) átlagosan 25-öt regisztráltak, ebből 15 szokott előfordulni évente. Tavaly átlag 2 forró napunk ($T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$) volt, ezek évi száma az 1961-90-es időszak alatt nem érte el az 1 napot.

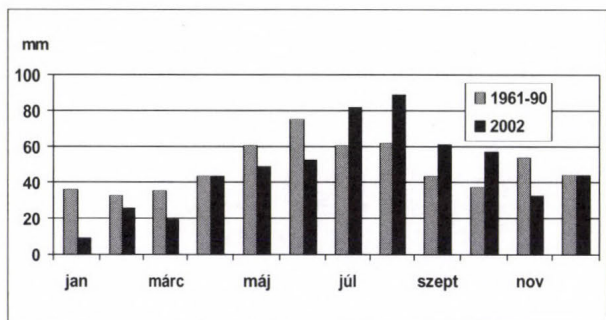
CSAPADÉK

Az elmúlt évben országos átlagban 570 mm csapadék hullott. Az éves csapadékösszeg területi eloszlása (8. ábra) a szokásos módon mutatja mind a domborzati hatást, mind a kelet felé erősödő kontinentalitást.



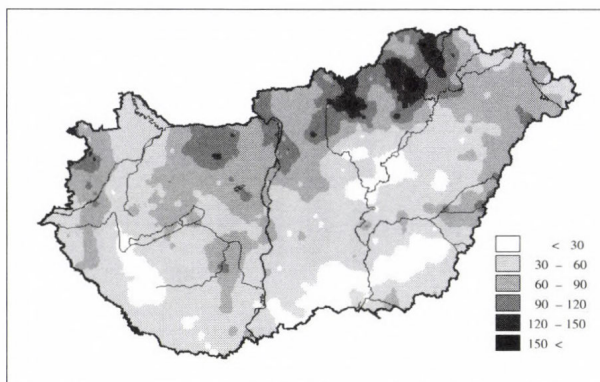
8. ábra A 2002. évi csapadékösszeg (mm)

A 2002. évben havonként összegzett csapadékokat és az 1961-90-es átlagokat láthatjuk a 9. ábrán. Az év első fele csapadékszegény volt. Május 28-án az ország néhány helyén hatalmas felhőszakadás okozott extrém (pl. a Tolna megyei Sióagárdon 65,0 mm-es) csapadékot.



9. ábra Havi csapadékösszegek 2002-ben és az 1961-1990-es átlagértékek (mm)

Július közepétől bőséges esőben volt részünk (9. ábra). Heves megyében, Mátraszentlászlón a hónap során összesen 328 mm csapadékot regisztráltak. Az OMSZ adatbázisa szerint 1951 óta ez a második legnagyobb havi összeg (az előzőt szintén Heves megyében, Erdőtelten mérték 1999-ben). Az augusztus 6-7-én a bajor és osztrák területen lehullott jelentős mennyiségű csapadék árhullámot okozott a Dunán. Ugyanaz a ciklon augusztus 7-10 között hatalmas felhőszakadásokat zúdított a Sajó és Hernád vízgyűjtőjére. Helyenként 150-180 mm-nyi csapadék hullott, az ilyenkor szokásos havi összeg többszöröse, ami árvizet okozott a térségben. Augusztus 11-13 között a Duna ausztriai és bajor vízgyűjtőin, valamint a Duna magyarországi felső szakaszán lehulló rendkívüli mennyiségű csapadék hatására újból árvízhelyzet alakult ki a folyó több szakaszán. A 2002. augusztus 6-13 közötti 8 nap alatt (10. ábra) lehullott csapadékösszeg maximuma 194 mm volt, amit Miskolc-Avas állomáson mértek. Egy ilyen esemény visszatérési periódusa több mint 100 év.

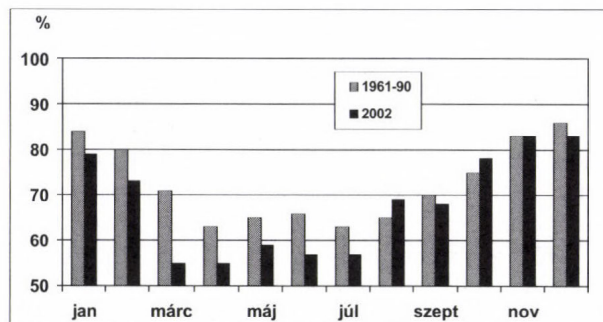


10. ábra 2002. augusztus 6-13 közötti 8 nap alatt lehullott csapadék összege mm-ben

A szeptember országszerte hűvös, csapadékos volt. A jellegzetesen őszi időjárású októberben a havi csapadékösszeg országos átlaga 40 %-kal haladta meg a 30 éves értéket. Az átlagosnál szárazabb novemberről azért érdemes említést tenni, mert viszonylag hamar leesett az első hó, bár ez nem maradt meg. A december havi csapadékösszeg országos átlaga ugyan átlagközel volt, azonban fehér karácsonyunk volt. Az OMSZ múlt századi adatai szerint átlagosan három évente borította hó a tájat az ünnepek alatt, az utóbbi évtizedben 1997 kivételével mindegyik évben több-kevesebb hóréteg országszerte kialakult ebben az időszakban. Szilveszter előtt néhány nappal jelentősen megenyhült az idő, így a hó csaknem mindenütt elolvadt.

LÉGNEDVESSÉG

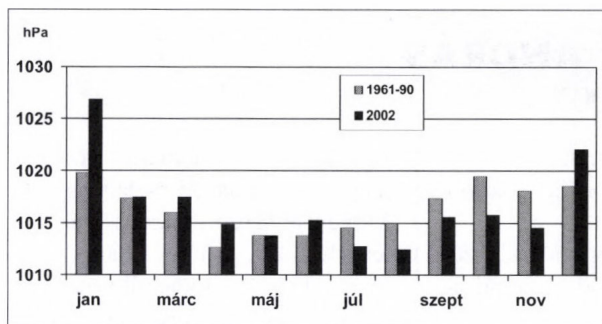
A relatív nedvesség 2002. évi menete (11. ábra) nagyjából követi a sokéves átlagét (kettős hullám, koratavaszi és nyárközepi minimummal), ám magán viseli az év első felének csapadékhiányát is.



11. ábra A relatív nedvesség havi átlagai Budapest-Pestlőrincen

LÉGNYOMÁS

A légnyomás átlagos értéke a nagytérségű időjárási képződmények gyakoriságát jellemzi. A tengerszinti légnyomás átlagos- és 2002 évi menetét mutatja be a 12. ábra oszlopdiagramja.

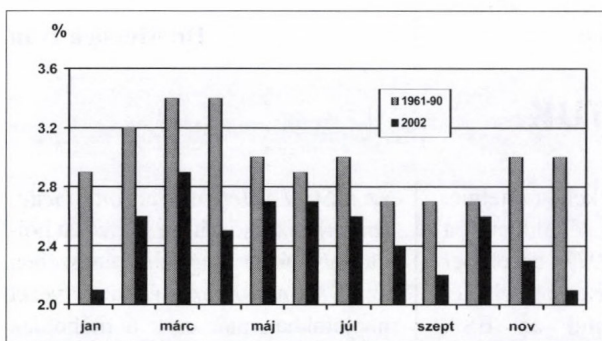


12. ábra A tengerszinti légnyomás havi átlagai Budapest-Pestlőrincen

Az átlagos évi menetben kettős hullám látható. A főmaximum januárban van, a másodmaximum októberben. Ezeket a hónapokat jellemzi az anticiklonok gyakori előfordulása. A minimumok áprilisban, illetve novemberben jelentkeznek, amikor nagyobb a ciklongyakoriság. A 2002. évi átlagokat reprezentáló oszlopok között az említett januári maximum erőteljes jelentkezése felfedezhető. Láthatjuk a július-augusztus havi csapadékos, ciklontevékenységekben bővelkedő időjárás hatására jelentkező alacsony légnyomási átlagértéket is.

SZÉL

A szokásosnál sokkal kevésbé volt szeles a 2002. év időjárása Budapest-Pestlőrincen (13. ábra). 2002 januárban, az anticiklonális szinoptikus helyzetnek köszönhetően az átlagnál jóval alacsonyabb volt a szélesség havi átlaga. A tavaszi maximum márciusban következett be, de értéke elmaradt a sokévi átlagtól. Június 9-én hazánkban ritkán előforduló jelenséget, tornádót figyeltek meg este 8 órakor Budapest XVII. és XVIII. kerületének határán. Az enyhén szeles nyarat követően szeptemberben, majd decemberben fújt igen minimális szél.

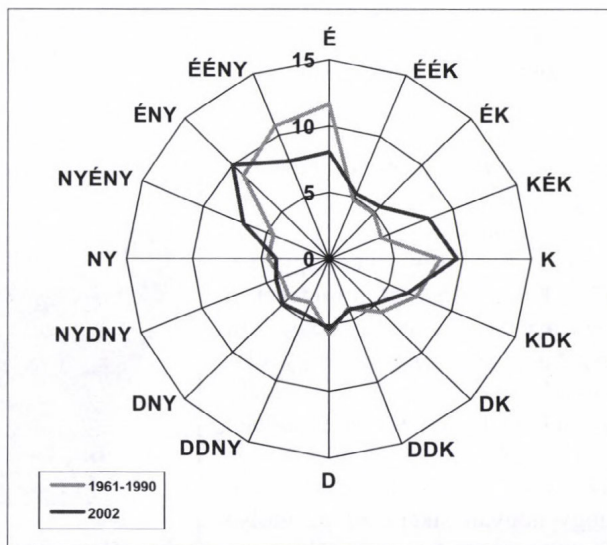


13. ábra A szélesség havi átlagai Budapest-Pestlőrincen

2002-ben az 1,1-2,0 m/s-os leggyakoribb- és a 2,1-3,0 m/s-os értékköz a többévi átlagnál is többször fordult elő. Kevesebbszer mértek viszont 2002-ben

1 m/s-nál gyengébb szelet. A szeles- (≥ 10 m/s) és a viharos (≥ 15 m/s) napok száma 2002-ben többnyire átlag alatt maradt.

A szélirány gyakorisági eloszlását láthatjuk a 14. ábrán Budapest-Pestlőrincen 1961-90 és 2002. évi adatai alapján. A 2002 évi menet ellaposodott: nem fordult elő 10 %-nál nagyobb gyakoriságú szélirány. A főmaximum az északi irányból áttevődött az északnyugati irányba, a KÉK irányú másodmaximum hangsúlyozottabbá vált.



14. ábra A szélirány relatív gyakorisága Budapest-Lőrincen

Befejezésül közreadjuk az OMSZ hálózatában 2002. folyamán mért szélsőértékeket:

- A legmagasabb mért hőmérséklet: 38,4°C, Békéscsaba, június 24.
- A legalacsonyabb mért hőmérséklet: -28,3 °C, Zabar (Nógrád m.), december 26.
- A legnagyobb évi csapadékösszeg: 1005 mm, Mátraszentlászló (Heves megye)
- A legkisebb évi csapadékösszeg: 346 mm, Ruzsa (Csongrád megye)
- A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg: 141,0 mm, Gagybátor (Borsod-Abaúj-Zemplén megye.), augusztus 9.
- A legnagyobb évi napfényösszeg: 1978 óra, Kecskemét belterület
- A legkisebb évi napfényösszeg: 1740 óra, Nagykanizsa.

Schirokné Kriston Ilona

DR. STOLLÁR ANDRÁS

1935-2003

2003. január 6-án váratlanul elhunyt kedves kollegánk, dr. Stollár András. A január 23-án lezajlott temetésen dr. Mersich Iván búcsúzott az OMSZ munkatársai nevében. Az alábbiakban ezt a beszédet adjuk közre azzal, hogy személyében a Légkör is elvesztette egyik értékes cikkíróját.

*

Hitem szerint, Stoli Te most itt vagy velünk. Valahol egy szép felhő ormán ülsz – ahogy egy meteorológushoz illik – és figyelsz. Figyeled az időjárást, a földeket, a növényeket és aggódsz, hogy nem fagytak e el a rügyek, hogy elegendő lesz e a téli csapadék. Figyeled a kollégákat, hogy időben és a megfelelő helyre küldték e el az előrejelzéseket, és figyeled, hogy hogyan sikerül ez az utolsó fórum, melyet Te szerveztél.

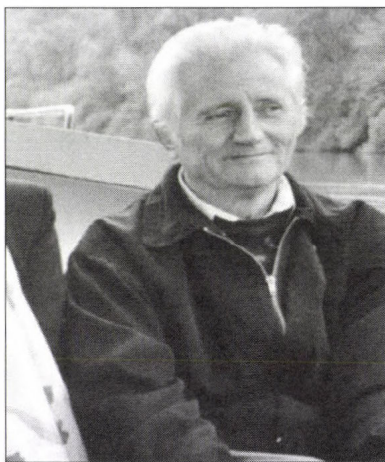
Nyugodj meg. A dolgok kisebb-nagyobb döccenőkkel, de rendben mennek. Hiányzol, de az élet megy tovább. A szőlészek panaszkodnak a komoly fagykár, a kollégák pedig a sok munka miatt. És panaszkodunk mi is, hogy miért rendezted ezt a Fórumot.

Végző búcsúra jöttünk.

A szikár, sportos, barátságos Stoli testi valóságában nincs többé.

Véget ért egy tartalmas, néha tragikus, néha nehéz, de sokszor boldog és sikeres élet.

Stoli a nemzetet megtartó, a hazát fenntartó vidékről jött. Gondolkodásában, életvitelében soha sem szakadt el gyökereitől. Bár nem



beszélt gyermekkoráról, mégis ismert volt családi tragédiája, nehéz ifjúkora. Minden lépésért meg kellett küzdenie.

Meteorológus akart lenni. Vágya beteljesült. Majd negyvenöt évet töltött aktívan, lelkesen e pályán. Megérte ennek felívelését, majd összetörését és újbóli talpra állását. Mindvégig kitartott mellette. Szomorú volt a nehéz napokban, de nem csüggedt, és örült amikor ismét ránk sütött a nap.

Büszke volt családjára. Mindent meg is tett értük. Jó családapa volt. Milyen lelkesen és kitartással építette házukat, és hogy ellágyult, ha gyermekeiről, unokájáról beszélt. Habitusából, életpályájából fakadt érdeklődése és elkötelezettsége a nagyobb közösség ügyei mellett. Szívesen és jól képviselte kollégái érdekeit, mint szakszervezeti vezető.

De jókat beszélgettünk, persze néha keményen vitakoztunk is. Volt egy hetedik érzéked arra, hogy megtaláld a még éppen elérhető célokat. Könnyen és jól lehetett veled egyezséget kötni. De ami még ennél is fontosabb, az egyezséget megtartottad.

Korán hagytál itt bennünket. Olyan egészséges voltál, hogy még betegségeddel viccelni is mertem. Emlékszel, hogy ugrattalak, amikor Vissy Gyuri sántítását elegánsabbnak mondtam.

Mindig küzdöttél a felelős gondolkodásért és az életed paradoxona, hogy éppen felelőtlen emberek közrehatása okozta korai halálozat.

Dr. Stollár András, éltél 67 évet. Teljes életet éltél. Nyugodjál békében. Isten veled.

Dr. Mersich Iván

OLVASTUK

Negyedszázada indult el az első Meteosat műhold

1977. november 23-án indult a világűrbe az első *Meteosat* műhold, hogy azután ő és kései utódai immár 25 éve biztosítsák a folyamatos meteorológiai műholdképeket kontinensünkről. Miután az első *Meteosat* mesterséges hold néhány nap alatt lassan, de biztosan elfoglalta pozí-

cióját, még heteknek kellett elteltie, mire az első képet leküldhette a vevőállomásra. Az 1977. december 9-én vett legelső *Meteosat* felvétel történelmi volt mind az ESA (*Európai űrügynökség*), mind pedig az európai meteorológusok számára. A *Meteosat*-1-et még öt hasonló társa követte, majd 2002. augusztus 29-én pályára állt a második generációs *Meteosat* műholdak első tagja,

az *MSG-1* (*Meteosat Second Generation*). Az első három *Meteosat* holdat egyébként még teljes egészében az ESA finanszírozta, ám a szervezet napjainkban már csak a műholdak fejlesztéséért felelős, hisz 1995. december 1-én a felügyeletet és a működtetést átadta az 1986-ban alakult Eumetsat szervezetnek.

Űrkaleidoszkóp 2002. december
H. Bóna Márta

A SZÁMÍTÓGÉPEK ALKALMAZÁSA AZ AGROMETEOROLÓGIA OKTATÁSÁBAN

1. Bevezetés

A számítógépek elterjedésével manapság már szokványos a különböző szoftverek és numerikus modellek alkalmazása a tudományos életben. Segítségükkel bonyolult, néhány évtizede még megoldhatatlannak tűnő fizikai, kémiai és biológiai folyamatokat is elemezhetünk. Nincs ez másként a meteorológia esetében sem, sőt, amióta 1950-ben Neumann János és társai megtervezték és megalkották a világ első elektronikus számítógépét, az ENIAC-ot, a meteorológia és a számítástechnika története elválaszthatatlanul összefonódott. Neumann János felismerte, hogy a meteorológiai témakör – különösen az időjárás előrejelzése – a számítógépek „testére szabott” feladat.

Joggal mondhatjuk tehát, hogy a számítógépek megjelenése forradalmasította a meteorológiát. Az időjárás előrejelzése révén megbízhatóbb meteorológiai információkkal láthatjuk el a felhasználókat és a nagyközönséget. De nem ez az egyetlen terület, ahol a számítógépek fontosak. Hiszen a meteorológiai tevékenységi körök közé tartozik a tudomány és az oktatás művelése is. E cikkben azt szeretnénk bemutatni, hogy milyen szerepet tölthetnek be a számítógépek a meteorológia egyik rész tudományának, az agrometeorológiának az oktatásában.

Először tekintsük át e problémakört egészen általánosan! A számítógépek kétféleképpen alkalmazhatók: „felhasználóbarát” és „kutatóbarát” módon.

2. Lehetséges alkalmazások az agrometeorológiában

A „felhasználóbarát alkalmazást” a „felhasználóbarát” szoftverek teszik lehetővé. Gondoljunk csak

azokra a megjelenítő programokra, amelyek a bemenő adatsort az általunk kiválasztott formában grafikus megjelenítik, és közben bizonyos műveleteket (pl. az egyenes, illetve a görbe illesztése) is elvégezték. Mindehhez csak ki kell kattintani a megfelelő műveletet. Ilyen programok például az előszeretettel használt Excel, vagy a tudományos körökben igen elterjedt Gnuplot, illetve Grace. Különböző e cikk ábrái is a Grace nevű programmal készültek. Említetünk más felhasználóbarát programcsomagokat is, például a különböző statisztikai programcsomagokat amelyek segítségével gyorsan és egyszerűen oldhatjuk meg a sokszor igen bonyolult statisztikai feladatokat. Léteznek olyan szoftverek is, amelyek segítségével érzékenységi vizsgálatokat végezhetünk. Agrometeorológiánál maradvá megemlíthetjük a Magyar Mezőgazdasági Modellezők Műhelye által létrehozott 4M modellt (Kovács és Fodor, 2001). E program számos olyan algoritmust tartalmaz, melyek a talaj, a növény és a légkör folyamatait, illetve ezek kölcsönhatásait jellemzik. A modell eredetileg oktatási céllal készült, ennek megfelelően gyorsan megérthető és könnyen kezelhető, grafikus felhasználói felülettel rendelkezik, így a felhasználó egyszerűen „kikattintgatja” amire kíváncsi.

Az ilyen „felhasználóbarát” szoftverek nagy előnye a gyorsaság és az egyszerű kezelhetőség. A felhasználóknak nem kell programozásra vesztegetni az időt, hanem a szoftver rövid tanulmányozása után az azonnali alkalmazáson van a hangsúly. Ezekből az előnyökből azonban egy nagy hátrány is ered. Mégpedig az, hogy a programot „fekete dobozként” alkalmazzuk, miközben nem ismerjük a „lelkét”, így számos problémával szembe-

sülhetünk. Ilyenek például a következők:

- A statisztikai programcsomagoknál a felhasználó legtöbbször nem tudja pl. az illesztés módszerét, ami viszont nem mellékes tény, ha a legjobb megoldást keressük.
- Numerikus deriválás, vagy integrálás esetén fontos lehet a szoftver által alkalmazott numerikus séma pontossága is. Ha nem ismerjük a sémát, a pontosságról sem tudhatunk semmit.
- Az említett 4M modell érzékenységi vizsgálatainál legtöbbször ismeretlen a modell fizikája. Ilyen körülmények között viszont a kapott eredmények értékelése is problémás lehet.

Felmerül a kérdés, vajon minden esetben hasznos és célravezető a programok ilyen alkalmazása? Megismerhetők-e a programok alkalmazásával az olyan mechanizmusok, mint például a fotoszintézis, a turbulencia, a sugárzásátvitel. A válasz: nem. Akkor mi a megoldás? A megoldást a számítógépek „kutatóbarát” alkalmazása jelentheti. Ez azt jelenti, hogy a felhasználó maga alkotja meg a modellt, és maga készíti el a programot az adott jelenség vizsgálatára. Így jobban megismerhetők a jelenségek fizikai háttere, valamint könnyebben és pontosabban értelmezhetők az eredmények.

Az ELTE Meteorológia Tanszékén az Agrometeorológia tárgy képzési programjában a „kutatóbarát” alkalmazás honosodott meg. E képzési program keretében a hallgatóknak két programot kell megírni:

- egyet a Monin-Obuhov-féle hasonlósági elméletéről, és
- egyet a talajnedvesség előrejelzéséről a Richards-egyenlet alapján

3. Alkalmazások az ELTE Meteorológiai Tanszékén

E szemináriumi munkák célja az, hogy a hallgatók az előadások során megszerzett ismereteket a gyakorlatban is alkalmazzák és így a jelenségeket már nem csupán a szavak, hanem a számok tükrében is láthassák. Ez a megismerési folyamat azonban sok esetben nehézségekbe ütközik. A különböző egyenletek és egyenletrendszerek megoldása során alkalmazott numerikus módszerek egyes esetekben sikertelenek. Így például az implicit módon definiált egyenleteknél, egyenletrendszereknél alkalmazott iteratív eljárás nem szükségszerűen konvergál a megoldáshoz. A következőkben egy konkrét példán illusztráljuk ezt a megismerési folyamatot és annak nehézségeit.

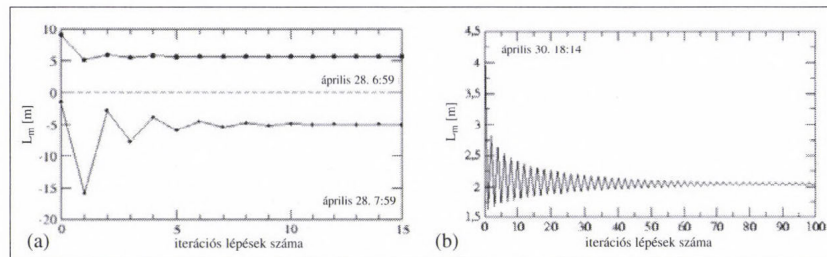
3.1. Számítási példa

A planetáris határréteg folyamatainak modellezéséhez a felszínközeli folyamatok minél pontosabb megismerése szükséges. Egy ilyen bonyolult rendszer számtalan jelenséget rejt magában, modellezése tehát igen összetett feladat. A bemutatásra kerülő példában egy ilyen probléma részleteivel fogunk foglalkozni. A számítások célja a felszínközeli légréteg dinamikai állapotának jellemzése, azaz az ún. Monin-Obuhov hossz meghatározása. A felszínközeli légréteg – amelyben a hő, az impulzus és a nedvesség függőleges irányú turbulens áramai állandónak tekinthetők – Monin-Obuhov-féle elméletében a Monin-Obuhov hossz a hidrosztatikai instabilitás lokális mértéké-ként szolgál. Meghatározására egy iteratív módszert alkalmaztunk.

A vizsgálatokhoz a bemenő adatokat a braunschweigi szinoptikus állomás hatnapos adatsora szolgáltatta. Ez az adatsor 15 perces bontásban tartalmazza a 2 méteren mért hőmérsékletet, a relatív nedvességet, a tényleges vízgőznyomást, a 10 méteren mért szélsébséget, a

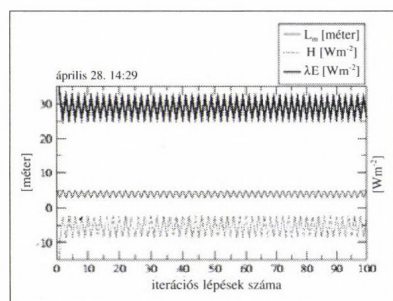
direkt sugárzást, a globálisugárzást, a csapadékot és a légköri visszasugárzást. Az érzékenységi vizsgálatokat nedves és kis érzékenységgű csupasz talaj esetén végeztük.

A vizsgálat során azt tapasztaltuk, hogy az iterációs eljárás az esetek nagy részében megbízhatóan működött. A legtöbb esetben már 10 (vagy még kevesebb) iterációs lépés is elegendő volt ahhoz, hogy az n -dik és az $n+1$ -dik iterációs lépés után kapott Monin-Obuhov hossz (L_m) értékek közötti különbség kisebb legyen, mint 10^{-4} (1.a. ábra). Néhány esetben jóval több lépésre volt szükség a konvergenciához (1.b. ábra). Mindössze 8 olyan eset volt, amikor a fent említett feltétel ($|L_m^{n+1} - L_m^n| < 10^{-4}$) még 100 iterációs lépés után sem teljesült. Ezek közül hét esetben változtak, oszcilláltak a keresett értékek (vagyis a szenzibilis és a látens hőáram, valamint a Monin-Obuhov hossz) két állapot között (2. ábra), egy esetben pedig nem két, hanem több érték között váltakoztak a vizsgált mennyiségek.



1. ábra

(a) Két példa a gyors konvergenciára. (b) Példa a lassú konvergenciára.



2. ábra

A Monin-Obuhov hossz (L_m), a látens hőáram (λE) és a szenzibilis hőáram (H) értékeinek alakulása.

Megfigyelhető, hogy nem konvergálnak, hanem két érték között ingadoznak.

1. táblázat

A nem konvergens esetek meteorológiai állapotathatározói (T : hőmérséklet, V : szélsébség).

időpont	T	V
04. 28. 14:29	14,42	2,3
04. 28. 14:44	14,38	2,1
04. 29. 18:14	10,76	2,1
04. 30. 16:44	14,65	2,8
05. 01. 13:14	12,98	2,3
05. 02. 17:29	10,44	1,7
05. 03. 16:29	10,52	2,1
05. 03. 17:59	10,58	2,0

2. táblázat

A nem konvergens esetek energetikai jellemzői (R_n : sugárzási egyenleg, A_e : rendelkezésre álló energia).

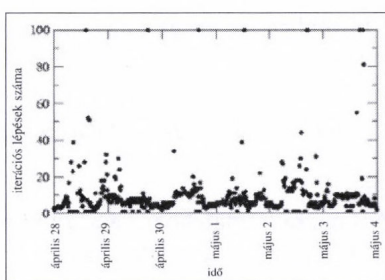
Időpont	R_n [W/m^2]	A_e [W/m^2]
04. 28. 14:29	29,37	23,50
04. 28. 14:44	31,68	25,34
04. 29. 18:14	51,85	41,48
04. 30. 16:44	83,79	67,03
05. 01. 13:14	35,90	28,72
05. 02. 17:29	6,60	5,28
05. 03. 16:29	28,50	22,80
05. 03. 17:59	42,69	34,15

Felmerül a kérdés, vajon van-e valamilyen összefüggés a mikro-meteorológiai állapotathatározók és a konvergencia (illetve annak hiánya)

között. A vizsgálat során megállapítottuk, hogy ezek a nem konvergens esetek mindig nappal fordultak elő a délutáni, kora esti órákban (3. ábra). Az 1. táblázatban a nem konvergens esetekre vonatkozó meteorológiai viszonyokat láthatjuk. Megfigyelhető, hogy a szélsébség értéke minden esetben 2 m/s körüli (a vizsgált hatnapos időszak ekkora szélsébséggel jellemezhető állapot). A 2. táblázat adataiból azt tudhatjuk meg, hogy hogyan alakult a sugárzási egyenleg és a

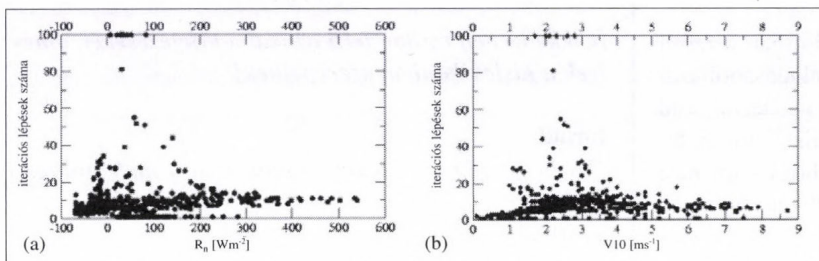
rendelkezésre álló energia az oszcillációt mutató esetekben.

Megfigyelhető, hogy az értékek igen alacsonyak (a hat nap során a sugárzási egyenleg maximális értéke 540 W/m^2 volt). Vizsgáltuk a konvergencia sebességének, a sugárzási egyenlegnek, és a szélsébségnek a kapcsolatát is. A 4. ábráról láthatjuk, hogy a 2-3 m/s körüli szélsébségek, illetve a 0-100 W/m^2 körüli sugárzási egyenleg esetén gyakrabban tapasztalható lassú konvergencia. A nem konvergáló esetek is ilyenkor léptek fel.



3. ábra

A konvergenciához szükséges iterációs lépések száma az idő függvényében. (A nem konvergáló eseteket a 100-as érték jelöli)



4. ábra

A sugárzási egyenleg (a) és a 10 méteren mért szélsébség (b) kapcsolata a konvergencia sebességével. (A nem konvergáló eseteket a 100-as érték jelöli)

Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy modellünk az esetek döntő többségében jól működött, bizonyos esetekben azonban konvergencia helyett oszcillációt tapasztaltunk. További érdekes kutatási irányt jelenthet a nem konvergáló esetek beható vizsgálata (ehhez hosszabb adatsor kellene), valamint a számítási algoritmus, azaz az iteratív módszer matematikai szempontból való elemzése is. Annyi azonban már most is elmondható, hogy

sejtésünknek van bizonyított fizikai realitása, miszerint a mikrometeorológiai állapotváltozók (fizikai körülmények) és a konvergencia egymással kapcsolatban vannak. Hiszen a nap-pali konvektív határreteg délutáni órákban bekövetkező „összeomlása” és egyidejűleg az éjszakai stabilis határreteg felépülése jól ismert jelenség. Ez valóban egy ugrásszerű változás a légkörben, és megvan a lehetősége annak, hogy a kapott eredmények ezt tükrözik. Meg kell említenünk, hogy ilyen jellegű eredmények növényzettel borított felszín esetén is jelentkeztek (Czúcz és Ács, 1999), de ezek fizikája – nagy besugárzás, kis szél – értelem-szerűen más volt. E cikk célja azonban nem ennek a feltételezésnek a bebizonyítása, hanem az, hogy bepillantást adjon az olvasónak a számítógépek „kutatóbarát” felhasználásának világába és felvillantson néhány olyan nehézséget, amelybe ezen alkalmazás ütközik.

esetekben azonban az ilyen szoftverek alkalmazása veszélyeket rejthet magában. Gondoljunk csak arra, hogy az ilyen alkalmazások során semmit sem tudunk az iteráció egyes lépéseinek eredményéről, és így pl. csak az 50-dik lépés után kapott eredményeket kapjuk vissza. Nem is sejtjük, hogy bizonyos esetekben nem volt konvergencia, és ez téves következtetések levonását eredményezheti a folyamat egészét illetően. Az ilyen esetekben kerülnek előtérbe a „kutatóbarát” felhasználási módok. Ezek alkalmazása ugyan sokkal több munkával jár, de cserébe a felhasználó megismerheti a folyamatok háttérét is, és kiszűrheti azokat az eseteket, melyek nem megfelelően viselkednek (például nincs konvergencia), így az eredmények értelmezése is helyesebb, pontosabb lesz.

Összefoglalásként megállapíthatjuk tehát, hogy a „felhasználóbarát” alkalmazások mellett mindenképpen szükség van a „kutatóbarát” alkalmazásokra is nem csak a tudományban, hanem az oktatásban is.

Irodalom

Czúcz B., Ács F., 1999: A labilis rétegződés parametrizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerekkel. *Légkör*, XLIV évfolyam, 2. Szám, 2-6.

Kovács G. J., Fodor N., 2001: A biomassza termelés érzékenysége a sugárzási energia változékonyságára hazánkban. Meteorológiai Tudományos Napok kiadványa, szerk.: dr. Mika János, kiadó: Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 169-176.

Hágel Edit és Ács Ferenc

* * *

4. Összefoglalás

Megállapíthatjuk tehát, hogy lényeges különbség van a számítógépek „felhasználóbarát”, illetve „kutatóbarát” alkalmazása között. A „felhasználóbarát” alkalmazás a feladatok gyors és egyszerű megoldását teszi lehetővé. Sok esetben ez igen hasznos lehet, és nem kell attól tartanunk, hogy tévesen értelmezzük a kapott eredményeket (például a grafikus megjelenítő programok esetén). Egyes

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2003. január 1.-március 31. között

Választmányi ülés:

Március 13.

Napirend:

1. Bíráló Bizottságok jelentése (Steiner, Nívódíj, Róna, Berényi)
2. A 2003. évi Közgyűlés előkészítése
3. MMT rendezvények az első félévben
4. Folyó ügyek
5. Tagfelvétel

Előadó ülések, rendezvények:

Február 27.

A 2002-es év Róna Díjasainak előadásai:

Informatikai fejlesztések a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálatánál

Kovács László

Az Országos Meteorológiai Szolgálat megjelenítő rendszere

Kertész Sándor

Március 20.

Döntési eljárás konvektív szélviharok regionális előrejelzésére radar adatok felhasználásával

Bartha Imre (a 2002-es év Steiner Lajos emlékéremmel kitüntetett)

Március 24.

Meteorológiai Világnap az Országos Meteorológiai Szolgálattal közös rendezvény. Témája 2003-ban „Éghajlatunk jövője”

(Ebben a számban bővebben is megemlékezünk a Meteorológiai Világnapról)

Március 27.

Éghajlatunk jövője: gondolatok a WMO főtitkárának üzenetéhez

Wantuchné Dobi Ildikó

(A Meteorológiai Világnap témájához kapcsolódó előadás a Debreceni Csoport és DE Met.Tsz. szervezésében)

OLVASTUK

Növekszik Földünk lapultsága?

A Föld alakjának eltérését a gömbtől elsősorban lézerrel követett geodéziai műholdak pályáinak alakulásából számítják. A hetvenes évek végétől már elég geodéziai hold állt rendelkezésre, azóta folyamatosan mérik Földünk lapultságát az ú.n. J_2 együtthatót. Ismeretes, hogy – levonva az évszakos ingadozásokat – a lapultság 1979 óta lassan, de folyamatosan csökken. Ezt a geofizikusok azzal magyarázták, hogy az utolsó jégkorszak csak 10 000 éve fejeződött be, ekkor tűnt el a közepes szélességekre nehezedő jégtakaró, s a Föld köpenye azóta lassan, folyamatosan nyeri vissza eredeti gömbalakját. Általános megfigyelést keltettek azonban az utóbbi négy év megfigyelései, ugyanis a tendencia megfordult, a Föld lapultsága növekedni kezdett! A geofizikusok keresik a magyarázatot – egyelőre eredménytelenül. Nincs jele annak, hogy az elmúlt években jelentős tömegáthelyeződés történt volna akár a felszínen (a tengerszint mérését a TOPEX/Poseidon hold folyamatosan végzi), akár a köpenyben. Gondoltak az El Nino hatására is, de ez sem ad megfelelő magyarázatot. Most a nemrég felbocsátott két GRACE hold minden eddiginél pontosabb méréseire várnak, hogy tisztázódjék, valóban megfordult-e a görbe, vagy csak időszakos ingadozásról van-e szó.

Űrkaleidoszkóp-2003. Január

H. Bóna Márta

KISLEXIKON

2003/1

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

toroid

(Miről beszélne Neumann János ezen a meteorológiai Világnapon?)

gyűrű alakú tekercs

ECMWF

(Prognózis értékelési rendszer az OMSZ Előrejelző Osztályán)

European Centre for Medium Range Weather Forecasts: Európai Középtávú Időjáráselőrejelző Központ, helyileg Readingben (Egyesült Királyság) található

ALADIN

(Prognózis értékelési rendszer az OMSZ Előrejelző Osztályán)

Aire Limitee Adaptation Dynamique Developpement International: Korlátos Tartományú Dinamikai Adaptáció Nemzetközi Együttműködés keretein belül

Összeállította:

Schirokné Kriston Ilona

2002. ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA

A **szeptemberi** középhőmérséklet csupán néhány tízed fokkal maradt el a szokásostól, de ezt az átlagost megközelítő értéket a hónap elején 11 napig tartó meleg, nyári időszak és az ezt két hullámban követő kellemetlenül hideg időszak adta eredményül. Átlag körüli napi középhőmérséklet csupán két-három napon volt, közvetlenül a második hideghullám előtt. A szeptemberi átlaghőmérséklet a sík vidékeken és a Balaton térségében 15 fok felett, a Dunántúlon, az Északi-Középhegységben, a Beregi- és Szatmári-síkságon 15 fok alatt alakult.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 31,5 °C,

Békéscsaba, szeptember 5.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: 0,9 °C, Kakucs (Pest m.), szeptember 30.

A szeptember havi csapadékösszeg országos átlaga (közel 60 mm) 32 %-kal haladta meg a 30 éves értéket. Átlag alatti csapadékot csupán néhány délnyugaton lévő állomáson észleltek. Az átlag feletti havi csapadék nem egyenletes időbeli megoszlással hullott le. Szeptember elején még nem volt eső, csak a harmadik dekád kezdetén nyíltak meg az ég csatornái.

A napfénytartam havi átlagos összege 152 óra volt, ami 23 %-kal kevesebb a sokévi átlagnál.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 141 mm, Tiszabecs (Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 28 mm, Keszthely-Tenyakereszt

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 59,4 mm, Somogyhatvan (Baranya m.), szeptember 10.

Idén **októberben** hiába vártuk a vénasszonyok nyarát. A hónap első felében átlag alatt volt a hőmérséklet, de a második felében sem tudott tartósan megmaradni az átlagosnál melegebb idő. Bár több napon volt a maximum 20 fok körül vagy felette, az ország nagy részén nem érte el a havi hőmérsékleti átlag a szokásos (10,3 fokos) értéket. Ezt a hajnali minimumok is befolyásolták. Például az október 25.-ére virradó derült éjszakán az erős kisugárzás miatt nagyon hideg volt a hajnal országszerte.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 26,9 °C, Sellye (Baranya m.), október 17.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: -4,4 °C, Zabar (Nógrád m.), október 9.

Az október havi csapadékösszeg 50 mm-t meghaladó országos átlaga 40 %-kal haladta meg a 30 éves értéket. Az Alpoknál és az ország északkeleti határvidékén hullott a legtöbb eső, de az Alföldön is átlagos volt a havi csapadék mennyisége. Többnyire 11-13 és 17-19 között fordult elő a legtöbb helyen csapadék.

Októberben mintegy 118 órán át volt napsütés az országban, ami 37 órával kevesebb a sokévi átlagnál.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 127 mm, Kishuta, Kőkapu (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 24 mm, Cibakháza (Jász-Nagykun-Szolnok m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 45,4 mm, Balatonlelle (Somogy m.), október 11.

November első felében többnyire átlag alatti hőmérsékleteket mértek. Országszerte borult, esős volt az idő. A változékony időjárásnak egy Nyugat-Európában kialakult hatalmas ciklon vetett véget, amelynek előoldalán száraz, meleg levegő áramlott az ország területére. Az első hóhullást követően megérkezett a késői „vénasszonyok nyara”: 15.-16.-án 19-24 fokos maximumhőmérsékletek fordultak elő, a minimum pedig 10-17 fok között volt. Néhány helyi melegrekord is született, november 15.-én például Fonyódon 24,0 fokot, Keszthelyen 23,9 fokot mértek. Budapesten az utolsó ötven évben nem volt arra példa, hogy november közepén a legmagasabb hőmérséklet 5 napon keresztül 18 fok felett legyen. Összességében a novemberi átlagos hőmérséklet a 30 éves átlagnál mintegy 3 fokkal melegebbnek, 7,6 foknak adódott.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 24,0 °C, Fonyód, november 15.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: -7,4 °C, Zabar (Nógrád m.), november 11.

A november havi csapadékösszeg 31 mm-es országos átlaga közel 40 %-kal kevesebb mint a szokásos érték. A legtöbb helyen 10 napon is volt csapadék, de annak mennyisége nem volt számottevő. November 4.-én és 5.-én gyengén havazott, a hó (2 cm vastagságban) egyedül Kékestetőn maradt meg. A változékony időjárás a hónap közepéig tartott, hol növekvő, hol csökkenő csapadékhajlammal. Kékestetőn 17 cm-ig növekedett a felgyülemlett hó vastagsága (11.-ére), ami aztán gyorsan el is olvadt.

A borult időnek megfelelően a napfénytartam november havi összegének országos átlaga nem érte el az 57 órát, ami a szokásosnak csupán 77 %-a.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 78 mm, Nyírbátor (Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)

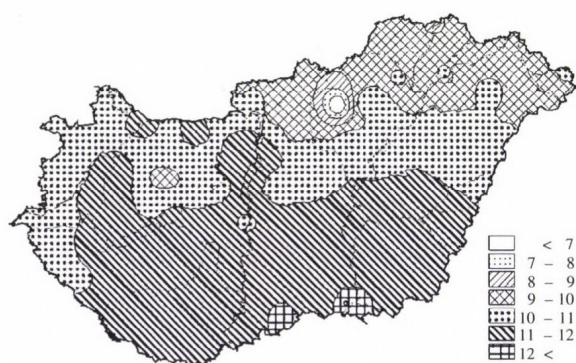
A hónap legkisebb csapadékösszege: 14 mm, Mezőkövesd (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 24,5 mm, Vízvár (Somogy m.), november 3.

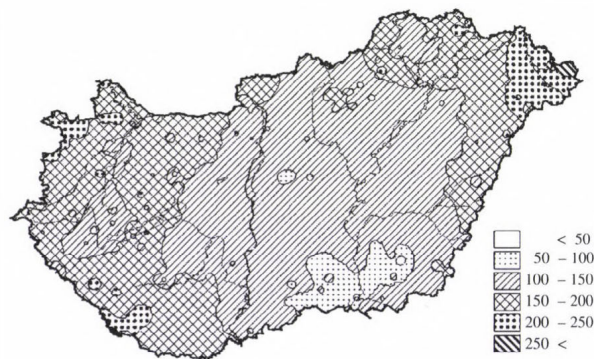
Schirokné Kriston Ilona

2002. ŐSZ

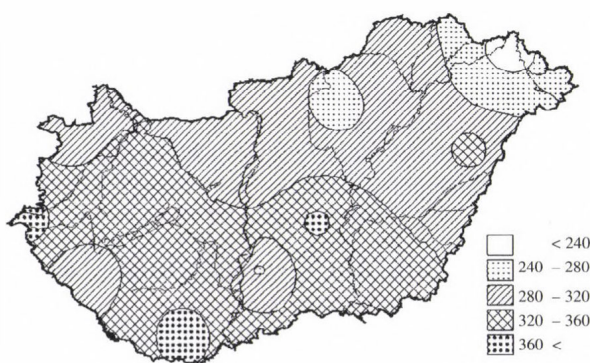
Állomások	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél viharos napok
	évsz.össz	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz	az átlag%-ában	1mm<napok sz	
Szombathely	357	-36	10.7	1.1	27.6	2002.09.09.	-2.4	2002.11.11.	151	100	26	8
Nagykanizsa	295	-100	10.9	1.0	28.7	2002.09.09.	-4.4	2002.11.11.	162	89	22	3
Győr	320	-89	11.2	0.8	29.2	2002.09.08.	-1.4	2002.11.11.	152	121	26	6
Siófok	334	-103	11.9	0.8	28.8	2002.09.04.	-0.1	2002.11.11.	163	117	25	17
Pécs	376	-76	11.8	0.8	28.3	2002.09.09.	-0.9	2002.11.11.	180	128	29	7
Budapest	305	-116	11.2	0.4	30.2	2002.09.03.	-2.3	2002.11.11.	127	101	25	4
Miskolc	303	-73	10.1	0.7	28.4	2002.09.08.	-2.0	2002.11.11.	155	131	24	8
Kékestető	261	-197	6.1	-0.1	20.7	2002.09.01.	-6.5	2002.11.06.	193	97	29	28
Szolnok	320	-117	11.3	0.7	29.9	2002.09.06.	-3.0	2002.11.11.	130	119	19	-
Szeged	356	-103	11.9	1.0	30.2	2002.09.08.	-3.5	2002.11.11.	87	86	23	6
Nyíregyháza	273	-129	10.2	0.5	29.6	2002.09.03.	-2.5	2002.11.07.	175	152	25	9
Debrecen	327	-104	10.6	0.4	29.6	2002.09.05.	-2.8	2002.11.11.	149	131	18	2
Békéscsaba	340	-100	11.8	1.2	31.5	2002.09.05.	-3.4	2002.11.11.	136	120	21	4



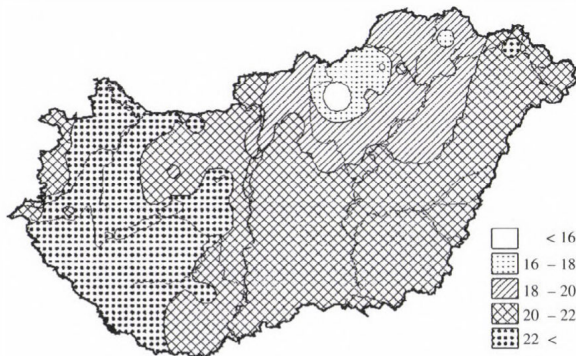
1. ábra: Az őszi középhőmérséklete °C-ban



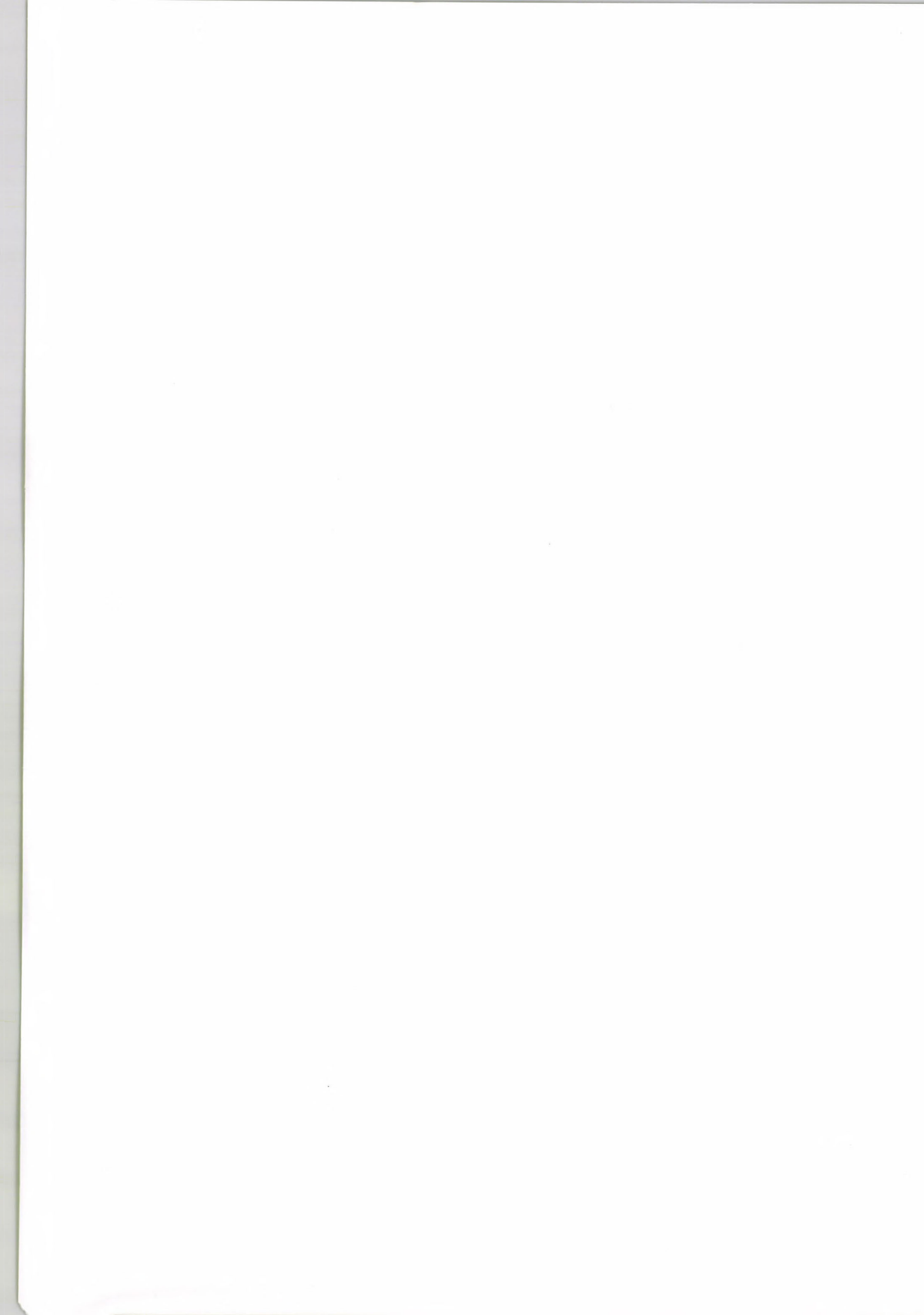
2. ábra: Az őszi csapadéka mm-ben

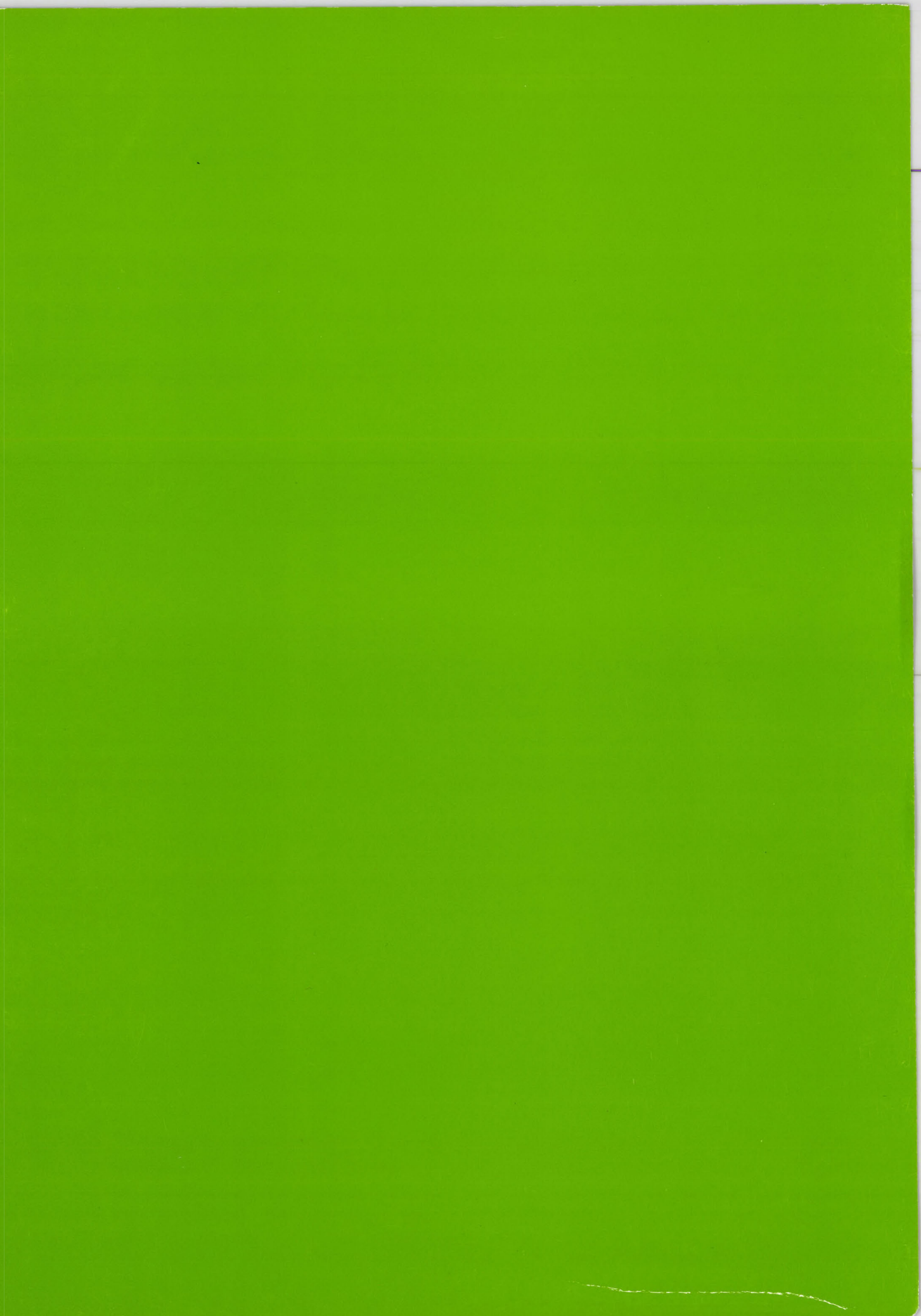


3. ábra: Az őszi napfénytartama órákban



4. ábra: A november havi abszolút hőmérsékleti maximumok





L É G K Ö R

XLVIII. évfolyam

2003. 2. szám



Megjelenik negyedévenként

XLVIII. évfolyam
2. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bussay Attila
Bóna Márta
Dunay Sándor
Dr. Haszpra László
Hunkár Márta
Ihász István
Mezősi Miklós
Németh Péter
Schirokné Kriston Ilona
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Mersich Iván, az OMSZ elnöke

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

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1120 Ft

Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán

TARTALOM

A címlapon: Jégyszem a 2003. május 12-i jégesőből.
Cikk a 36. oldalon. *(Kiss Márton felvétele)*

Götz Gusztáv, Radnóti Gábor, Horányi András: Miért nem lehetnek az időjárás-előrejelzések sohasem egészen pontosak?	2
Újváry Katalin: Igazi tél; hideg is, hó is	5
OLVASTUK: Vaisala díj	8
Ács Ferenc, Druca Miklós: A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására	9
KISLEXIKON	16
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 1. rész	17
Dr. Tar Károly: Globális szélenergia konferencia	22
Horváth Szilvia, Makra László, Kósa Emőke, Motika Gábor: A meteorológiai elemek és a fő légszennyező anyagok koncentrációi közötti kapcsolat egy objektív becslése Szegeden	23
Anda Angéla, Lőke Zsuzsanna, Varga Balázs: A standard meteorológiai állomás adatainak felhasználási lehetősége mikrometeorológiai szimulációs modell inputjaként	28
Makainé dr. Császár Margit (1931–2003)	34
Nagy Árpád (1918–2003)	35
Roszik Róbert: Jégeső Sopronban	36
Roszik Róbert: Felhőszakadás Győrött	37
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	38
Kósa-Kiss Attila: Elliptikus korona (koszorú)jelenség	42
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: A 2002/2003-as év telének időjárása	43

Miért nem lehetnek az időjárás-előrejelzések sohasem egészen pontosak?

Korunkban a meteorológia két kérdéskör tekintetében is az érdeklődés középpontjában áll. Az egyik a különböző időtávú előrejelzések megbízhatósága, azok beválásának javíthatósága, a másik az éghajlat emberi tevékenységből származó (ún. antropogén eredetű) vagy más, természeti okokra visszavezethető, feltételezett megváltozása. Az előrejelzések minősége verifikációs elemzésekkel számszerűsíthető. Arra a kérdésre azonban, hogy előrejelzéseink milyen határig pontosíthatók, mai ismereteink szerint egyértelmű válasz nem adható. Ugyanígy óvatosan kell kezelni az éghajlat változásának kérdését. Ebben a rövid írásban éppen arra szeretnénk rávilágítani, hogy a légkör rendszerének komplex volta, viselkedésének bizonyos matematikai sajátosságai hogyan nehezítik meg a fenti kérdésekben való állásfoglalást.

A különböző tér- és időskálájú légköri folyamatok alapvető dinamikájának leírására kidolgozott alacsonyrendű (keves független változóval operáló) determinisztikus légköri modellekkel (ún. dinamikai rendszerekkel) végrehajtott számítások eredményei két – a közvetlen meteorológiai vonatkozásokon messze túlmutató, általános fizikai érvényességű – tényre mutattak rá:

(1) A nemlineáris dinamikai rendszerek a múltó idő során aszimptotikusan beálló állandósult viselkedés korábban már ismert reguláris formáin kívül tanúsíthatnak *aperiodikus, látszólag véletlenszerű viselkedést* is. Ez a különös, időben teljesen pontosan soha nem ismétlődő (irreguláris) állapotváltozás, amelynek a lehetőségét a rendszer összetevői között kialakuló nemlineáris kölcsönhatások teremtik meg, számunkra azt jelenti, hogy az időjárási és az éghajlati folyamatok inherens tulajdonsága az összes, fizikailag megengedett légköri állapot eltérő gyakoriságú bekövetkezését magába foglaló *szabad változékonyság*. Következésképpen még az olykor szokatlanul halmozódó extrém időjárási események, vagy az éghajlati adatsorokban jelentkező, tartósabban egyirányú trendek is lehetnek olyan természetes belső folyamatok, amelyeknek az eredetét nem a légkörre ható külső kényszerek megváltozásában kell keresni. Ezért kerülünk súlyos dilemma elé, amikor arra a gyakorta feltett kérdésre kellene egyszerű választ adnunk, hogy a világot sújtó egy-egy rendkívüli aszály vagy áradás, vagy például az enyhe telek sorozatos fellépése mögött okságilag az éghajlat megváltozása (esetleg már egy antropogén eredetű globális klímamódosulás) áll-e.

(2) Az aperiodikus viselkedésű nemlineáris dinamikai rendszerek folyamatait szimuláló modellekben a

$t_0 = 0$ kezdeti időponthoz tartozó állapotvektor megadásának bármely kicsiny, $|y(0)|$ nagyságú hibája véges t idő eltelte során

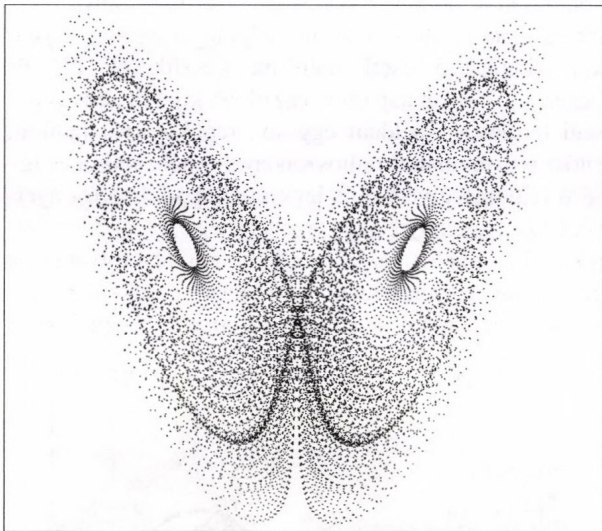
$$|y(t)| = |y(0)| \exp(\lambda t),$$

értékű exponenciális növekedést mutat, ahol $\lambda > 0$. Megjegyezzük, hogy exponenciális hibanövekedés *nemkorlátos lineáris* rendszerekben is létrejöhet, amikor $t \rightarrow \infty$ során $|y(t)| \rightarrow \infty$. A dinamikai rendszerek elmélete azonban kizárólag *korlátos értéktartományú* rendszerekkel foglalkozik (ilyen rendszert alkot a légkör is). Ebben az esetben a hibanövekedés természetesen nem folytatódhat a végtelenségig: $|y(t)|$ nem lehet nagyobb, mint két fizikailag lehetséges állapot közötti maximális eltérés. A minden hatványfüggvélynél gyorsabb ütemű átlagos hibanövekedés a dinamikai instabilitás különböző formáinak (a légkör esetében például elsősorban a barotrop és a baroklin instabilitásnak) a következménye. Felismerése új terminológiát vezetett be a fizika fogalmi készletébe: a *korlátozott előrejelezhetőség* fogalmát. Mi, meteorológusok elsősorban ezért kerülünk súlyos dilemma elé, amikor arra a mindennapos kérdésre kellene kategorikus választ adnunk, hogy milyen lesz egy jövőbeli időpontban az időjárás.

El kell tehát ismerjünk, hogy bármekkora erőfeszítéseket tesz a meteorológus társadalom az előrejelzési módszertan és a technikai háttér fejlesztése érdekében, válaszadási képességünk még a legizgalmasabb kérdésekre is korlátozott marad. Érdemes ezért a fentiek fényében szót ejteni arról, hogy miként közelíthetünk a korlátokhoz. A szakmai körökkel és a közvéleménnyel egyaránt el kell fogadtatnunk például azt a tényt, hogy az előrejelzésekben rejlő bizonytalanság nem kizárólag a prognosztikai módszerek tökéletlenségének (tehát ismereteink kétségtelen hiányosságainak) a következménye. Bármennyire csökkentenénk ugyanis az előrejelzési modellek fizikai hibáit, a prognózisok bizonytalansága a mérések óhatatlan pontatlansága, és a légkör viselkedését szimuláló modelleknek a kezdeti feltételek előírására mutatott érzékenysége miatt még perfect modell birtokában sem szűnne meg!

Az előrejelzések bizonytalanságának mértéke nem állandó sem a fizikai (földrajzi) térben, sem az időben még akkor sem, ha a mérések és módszerek minőségén nem változtatunk: a bizonytalanság mindenkor az időjárási helyzet függvénye. A légköri állapot fejlődésének folyamatát úgy képzelhetjük el, mint az összes független változó által kifizített, igen nagy (sok

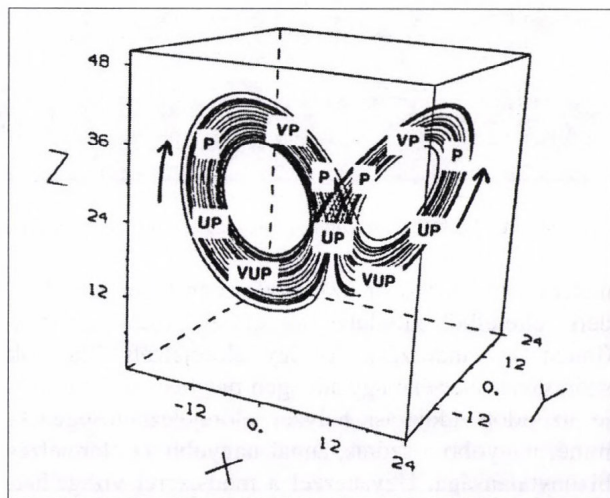
millió) dimenziójú elvont térben (az ún. *állapottérben*) egy állapotpontnak (az *állapotvektor* helyzetének) a bolyongását. Ennek egyszerű szemléltetésére tökéletes eszköz az egyik leghíresebb alacsonyrendű modell, Edward Lorenz amerikai meteorológusnak a Rayleigh-Bénard konvekció folyamatát leíró, mindössze három változót tartalmazó rendszere (Lorenz, 1963). Később Lorenznek sikerült az általános légközés mérsékelt övi szakaszának (a nyugati szelek zónájának) alapvető sajátosságait ugyancsak háromdimenziós modellel szimulálnia. Az 1. ábrán ez utóbbi rendszernek az ún. *attraktorát* (tehát a $t \rightarrow \infty$ során előálló állapotpontok összességét) a számítógépes grafika diszkrét pontok sorozataként állította elő. A síkban ábrázolt formáció valójában *több* annál, de *kevesebb*, mint egy térbeli alakzat: a képződmény dimenziója valójában 2,39. Ez az ún. *fraktál* jelleg „lehetővé teszi”, hogy az attraktor mentén haladó állapotpont pályája az idő múlásával soha ne metssze önmagát, tehát az állapotváltozás pontosan soha ne ismétlődjék. Az attraktor alakja egy pillangó széttárt szárnyaira emlékeztet; a két „szárny” egy-egy önálló áramlási rezsimit képvisel: az egyik a zonális áramlás túlsúlyát, a másik pedig a meridionális áramlás uralkodó jellegét (az ún. *blocking* helyzetet) jelenti, és az állapotpont a jól ismert index ciklust követve lép át időnként az egyik rezsimből a másikba.



1. ábra: A Lorenz-féle „pillangó” attraktor

Ha kezdetben két állapotpont a fázistérben olyan távolságban van egymástól, ami megegyezik méréseink tipikus hibájával, akkor a Lorenz-féle modellben átlagosan 30 nap telik el, mire ez a távolság közel megháromszorozódik – ezt az időtávot szoktuk *átlagos előrejelezhetőségi időnek* nevezni. A kezdeti feltételek megadásának kis hibái azonban az attraktor különböző tartományaiban eltérő ütemben növekednek: az ún. *lokális előrejelezhetőség*, mint már mondtuk, mindenkor az időjárási helyzet függvénye. Ezt a tényt szem-

lélteti a 2. ábra, amelyen a Lorenz-attraktort kissé eltérő vetületben látjuk. Az ábrán a lokális előrejelezhetőség különböző mértékének négy tartományát jelöltük ki: vannak lokálisan jól előrejelezhető, előrejelezhető, előrejelezhetetlen és erősen előrejelezhetetlen időjárási helyzetek. Érdekes megjegyeznünk, hogy az a tartomány, ahol az állapotpont, a nyilakkal jelzett irányt követve, a Z-tengely mentén lefelé mozog, és ekkor azt kell „eldöntenie”, hogy legközelebb az attraktor melyik szárnyába látogat el, hosszú idő átlagában nem tartozik *erősen* előrejelezhetetlennek minősülő tartománynak, holott itt alkalmanként két közeli állapotpont rendkívül gyors divergenciája fordulhat elő, amikor az egyik állapotpont az attraktor egyik szárnyát, a másik pedig a másik szárnyat választja. Ez az előrejelzés megbízhatósága szempontjából katasztrofális lehetőség tehát szerencsére csak alkalmanként realizálódik.



2. ábra: A lokális előrejelezhetőség tartományainak eloszlása a Lorenz-féle attraktoron. Az ábrán alkalmazott rövidítések: VP = jól előrejelezhető, P = előrejelezhető, UP = előrejelezhetetlen, VUP = erősen előrejelezhetetlen tartomány. Az állapotpont az attraktoron a nyilakkal jelölt irányt követve mozog (Nese, 1989 nyomán)

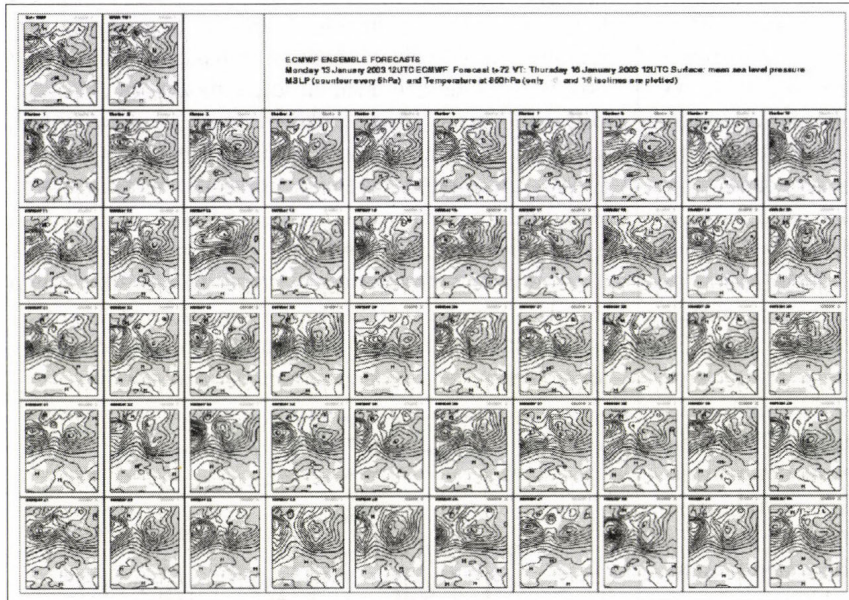
Igazak az elmondottak a valósághoz közelebb álló, *sokdimenziós* állapottérben is, ahol minden pont ugyancsak a légkör egy-egy adott pillanatnyi állapotát reprezentálja, és az állapotok egymásutánját a rendszer viselkedését leíró egyenletek (a prognosztikai egyenletek) modellezzik. Az így kiszámítható időbeli fejlődési görbét (pályát) ezért folyamatosan pontosítanunk kell az aktuális mérésekkel: ez a komplex eljárás az ún. *adatasszimiláció*.

Nagyon fontos tény, hogy ma már az előrejelzés bizonytalanságának mértékét is előre tudjuk jelezni; napjaink időjárás előrejelző rendszereiben erre szolgál az ún. *együttes előrejelzési eljárás* (más néven *ensemble módszer*). Az együttes előrejelzés technikája igen egyszerű elven alapszik, amely egyrészt nem tagadja a lég-

kör jövőbeli állapotának determinált voltát, másrészt tudomásul veszi, hogy a kiinduló állapot abszolút pontos megadása irreális absztrakció. Ezért a korábbi évek gyakorlatával ellentétben nem *egyetlen* előrejelzés készül,

megadni egy-egy adott időjárási esemény bekövetkezésének valószínűségét.

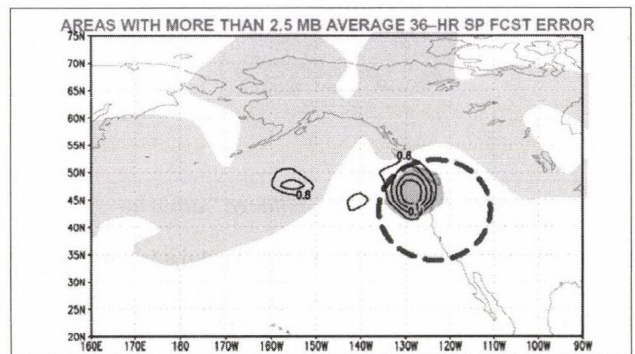
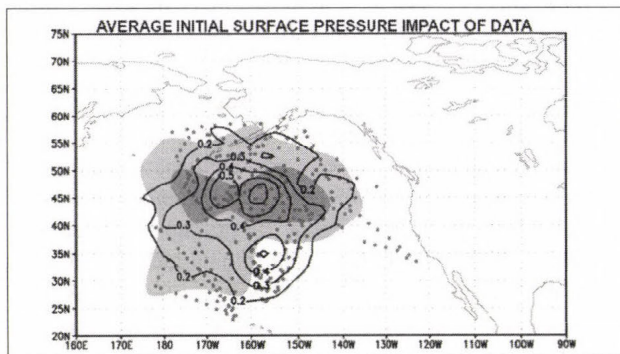
A 3. ábrán példaként az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) ensemble előrejelzési



3. ábra: Az ECMWF ensemble előrejelzési rendszere alapján készült bélyeg-diagram

hanem több (többször tíz), egyformán lehetséges kezdeti feltételből kiindulva az előrejelzések *együttese* (innen az elnevezés). Az így előrejelzett állapotok szórásának mértéke ugyanis igen megbízható jellemzője az adott időjárási helyzet előrejelezhetőségének: minél nagyobb a szórás, annál nagyobb az előrejelzés bizonytalansága. Ugyanezzel a módszerrel vizsgálhatjuk előrejelzésünknek az alkalmazott modellre, annak bizonyos paramétereire mutatott érzékenységet is. Ezzel szimulálhatóvá válnak az adott időtávra várható folyamatok lehetséges kimenetelei, és objektív módon tudjuk

vonulásának pontos körülményeit két nap múlva mely térség légköri állapota befolyásolja legerősebben. Ilyenkor kiegészítő eseti mérések készíthetők elő és végezhetők el két nap múlva az előbb kijelölt „érzékenységi területen”, például egy sor, repülőgépről indított, ejtőernyővel ellátott rádiószondával (ejtőszonda), és így sűrű felbontású vertikális légköri állapotfelmérést nyerve. Ekkor, amennyiben az érzékenység vizsgálatunk korrekt volt, várhatóan az adott ciklon fejlődési folyamata a célzott megfigyeléseknek köszönhetően sokkal pontosabban lesz előre jelezhető (4. ábra). Napjainkban



4. ábra: Az NCEP (National Centers for Environmental Prediction, USA) modelljével 1999 telén elvégzett célzott megfigyelési kísérletek átlagos eredményei. A bal oldali ábra árnyékolt mezője az átlagos érzékenységi területet tünteti fel. Az érzékenységi területen belül járulékosan alkalmazott ejtőszondák helyét pontok jelölik. A bal oldali ábrán a zárt izovonalak a járulékos megfigyelések hatására a modell kezdeti feltételeiben jelentkező átlagos felszíni nyomás eltérést mutatják be. A jobb oldali ábrán a járulékos megfigyelések 36 órás előrejelzésre gyakorolt hatását mutatjuk be. Az árnyékolás azokat a területeket érzékelteti, ahol a 36 órás légnyomás előrejelzés jelentősen eltért a kontroll előrejelzéstől. A legnagyobb eltérés a kiértékelési területen (vastag szaggatott vonal) belül figyelhető meg (Toth et al., 2002 nyomán).

komoly erőfeszítések történnek a célzott megfigyelésekben rejlő gyakorlati potenciál meghatározására.

Összefoglalva, írásunk legfontosabb mondanivalója abban rejlik, hogy az időnként előforduló extrém időjárási események, vagy éghajlati ingadozások nem feltétlenül vezethetők vissza külső okokra, hanem azok a sok összetevőből álló légkör bonyolult *belső tulajdonságai* is lehetnek. Ez annyit jelent, hogy a gyakorló szakemberek egy rendkívüli meteorológiai esemény után gyakran a légkör komplex *belső* folyamataival is magyarázhatják annak bekövetkezését. Az ilyen magyarázat természetesen kevésbé „szenzációs”, mint ha minden szélsőség előfordulásáért fenntartás nélkül valamilyen *külső kényszert*, például az emberi tevékenységet vagy a naptevékenységet tennénk felelőssé – viszont valószínűleg közelebb áll az igazsághoz, mivel a tudomány eddig még e külső tényezők légkörre gyakorolt közvetlen hatásának egyetlen konkrét megnyilvánulási formáját sem tudta kétséget kizáróan igazolni. Szándékunk szerint cikkünk másik tanulsága az, hogy az előrejelezhetőség korlátjai miatt a meteorológusok általában egy-egy időjárási eseménynek *csak a be-*

következési valószínűségét tudják előre jelezni, s ezt a tudományosan megalapozott tényt az előrejelzések felhasználóinak is tudomásul kell venniük.

Hivatkozások

- Horányi A., 2002: Numerikus előrejelző modellek hazai alkalmazásai és fő fejlesztési irányai. *Légkör*, **47**, 3. szám, 48.
- Lorenz, E. N., 1963: Deterministic nonperiodic flow. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 130141.
- Nese, J. M., 1989: Quantifying local predictability in phase space. *Physica*. **D35**, 237-250.
- Toth, Z., J. Moskaitis, S. Majumdar, I. Szunyogh, C. Bishop, R. Morss, S. Lord, N. Surgi, L. Holland, 2002: Adaptive observations at NWS: The winter storm reconnaissance program. NWS Seminar, Silver Spring, July 24, 2002.

Götz Gusztáv
Radnóti Gábor
Horányi András

IGAZI TÉL; HIDEG IS, HÓ IS

Bevezetés

A hosszú, hideg telektől az elmúlt években kicsit elszoktunk. Csalóka az emlékezetünk, hiszen a 90-es évek során is volt egy-egy kemény, hideg téli hónap. Igaz az is, hogy az idén az egész téli időszak – decembertől február végéig – hidegebb volt az átlagosnál. Február kiemelkedően magas negatív anomáliája miatt is éreztük talán reménytelenül hosszúnak a telet.

Tél a számok tükrében

A 2002-2003-as tél jellemzésére következzen néhány adat! Budapesten élő siófoki születésű meteorológusként következzen Budapest-Lőrinc és Siófok havi középhőmérséklete, illetve a sokévi átlagtól való

1.táblázat:

2002-2003 telének havi középhőmérsékletei, és annak eltérése a sokévi átlagtól Budapest-Lőrincen és Siófokon

Budapest-Lőrinc	Középhőmérséklet	Eltérés a sokévi átlagtól
December	-1,1	-1,5
Január	-2,1	-0,5
Február	-3,4	-4,5
Siófok	Középhőmérséklet	Eltérés a sokévi átlagtól
December	-0,3	-1,2
Január	-2,5	-1,2
Február	-5,5	-6,4

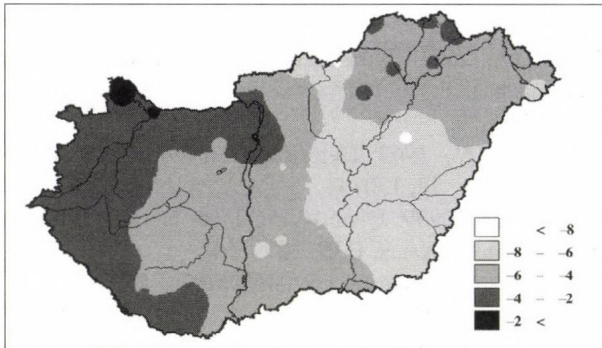
eltérése. Látható az adatsorból, hogy elsősorban a február volt jóval hidegebb a megszokottnál.

A február rendkívüli voltát az is alátámasztja, hogy az elmúlt harminc évben pl. Siófokon még nem volt ilyen alacsony havi közép, Budapesten is csupán egy alkalommal, 1985-ben volt hidegebb a február. 1973 és 2003 közötti időszakban Budapesten öt (1977, 1991, 1996, 1998, 2001), Siófokon négy (1977, 1996, 1998, 2001) hidegebb december volt. Az idei januári középnél alacsonyabbat Budapesten 1979, 1980, 1981, 1982, 1985, 1996-ban, Siófokon 1979, 1996, 1980, 1982, 1985, 1987, és 1996-ban jegyeztek fel.

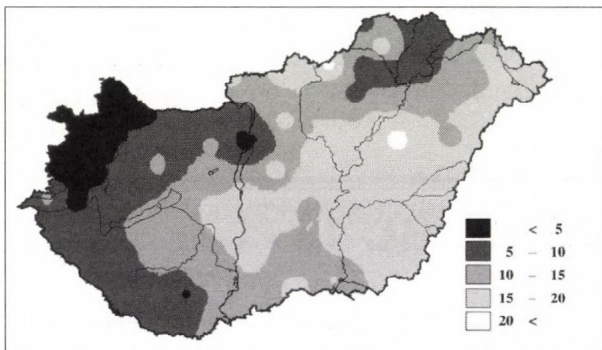
Az 1. ábra a februári középhőmérséklet eloszlását mutatja. Jelentős különbség van az egyes országrészek között, északnyugaton -2, -4, másutt -4 és -8°C fok közötti a középhőmérséklet. Kunmadaras -8,3 fokos havi közepe kemény hidegről tanúskodik. A zord napok számát feltüntető térkép (2. ábra) szerint februárban gyakori volt a -10°C foknál alacsonyabb minimum hőmérséklet is az ország egy jelentős részén. A 3. ábrán egy hideg januári nap (január 13.) maximum hőmérsékletét láthatjuk, a Tisza mentén -10°C alatti a csúcérték. A 4. ábrán pedig egyes állomásokon a januárban mért legalacsonyabb minimumhőmérsékletet tüntettük fel. Az abszolút minimumot, -31, 9°C -ot január 12-én Zabar telepen mérték.

A hideg mellett hóból is jutott bőven. Szokatlanul korán leesett az első hó, november 4-én. Ezt követően

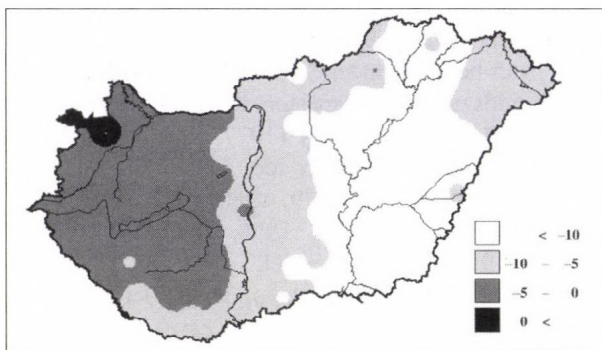
december közepén hullott az ország nagy részén ismét hó, de a hóréteg vastagsága csak helyenként közelítette meg a 10 cm-t. Januárban és februárban azonban 20-50 cm-es hóréteg alakult ki országos havazást követően.



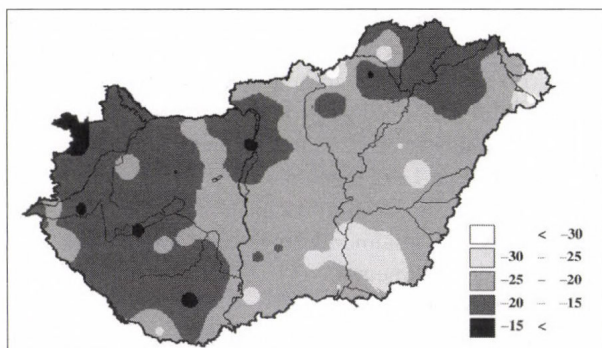
1. ábra: A középhőmérséklet eloszlása 2003 februárjában (°C)



2. ábra: Zord napok (min ≤ -10 °C) száma 2003 februárjában



3. ábra: A maximumhőmérséklet eloszlása 2003. január 13-án (°C)



4. ábra: A minimumhőmérséklet minimuma 2003 januárjában (°C)

A téli hónapok időjárásának rövid jellemzése

A decembertől február végéig tartó 91 napos időszak közel felében anticiklon helyezkedett el Magyarország felett. Gyakori frontátvonulások, tartósan változékony idő tehát nem jellemezte a telet, a hideg és a hó mégis emlékeztetessé tette.

December eleje enyhe. Egy mediterrán ciklon alakítja időjárásunkat, borult, többfelé esős az idő, de a hőmérséklet még átlag feletti. A déli ciklon kelet felé helyeződésével az áramlási mező átalakul, északkeletről hideg levegő éri el a medencét. A kiépülő anticiklonban erős az éjszakai lehűlés, és a maximumhőmérséklet is fagypont alatti. A hónap közepén nyugatról keletre vonuló, felettünk fokozatosan gyengülő alacsony nyomás hatására többfelé havazik az országban, de a kialakuló hóréteg vastagsága csak néhol éri el a 10 cm-t. December 23-án esik újabb csapadék, nyugaton eső, a főváros térségében és keleten főként hó. Ezután a hónap végéig ismét anticiklon helyezkedik el a Kárpát-medence felett. Hideg napok következnek, december 24 és 27 között Budapesten a középhőmérséklet 7-9 fokkal alacsonyabb, mint a sokévi átlag. December utolsó napjaiban megennyhül az idő, többfelé esik az eső, Szilveszterre elolvad szinte mindenütt a hó.

Január első dekádjának időjárását ciklonok alakítják. Az első öt nap során még enyhe az idő, január 3. Budapesten a tél legmelegebb napja, 11,4°C fokot mérnek a kora délutáni órákban. Január 4-én az éjszaka érkező hidegfront hatására már visszaesik a hőmérséklet, 5-én többfelé havazik, de csak az ország délkeleti részén számottevő a lehulló hó mennyisége. A jelentős januári havazás január 7-én a hajnali órákban kezdődik, és 11-én szűnik meg. A havazást mediterrán ciklonok okozzák, a jelentősebb hómennyiséget a 7-i havazás adja, a második mediterrán ciklon főként a déli ország-részben növeli a hóréteg vastagságát. A hónap további napjaiban már számottevő csapadékról nem érkezik jelentés. Január 20-ig anticiklonális hatások a meghatározóak, erős az éjszakai lehűlés, fagyos a nappal. Január 15-17 között mérséklődik csupán a hideg, az élénkebb légmozgás hatására az inverzió átmenetileg megszűnik. Január utolsó tíz napján változékonyabb az idő, délnyugatról enyhébb levegő áramlik. A hó a hónap végére szinte az egész országban elolvad, de január legvégén észak felől ismét hideg levegő közelít.

Február elsejére már visszaesik a hőmérséklet, és egy délen elvonuló ciklon hatására többfelé havazik, de jelentős mennyiségű csapadék még nem hullik. A februári országos havazás február 4-én a hajnali órákban kezdődik. A reggeli órákban a főváros térségében a legtöbb a csapadék, a legintenzívebb szakasz hajnali 4 és reggel 8 óra közé esik, ekkor Budapest-Lőrincen 9,7 mm, Lágymányoson 12,3 mm hullik le hóban. Február

4-én országsszerte havazik, többnyire 20-30 cm a lehulló hóréteg vastagsága. 5-én az északnyugati országrész kivételével tovább gyarapszik a hó mennyiség, 6-án már csak a Tiszántúlon esik a hó. Február 7-én a hóréteg vastagsága a Kisalföldön 5 cm alatti, másutt többnyire 20-50 cm közötti, Kékestetőről pedig 90 cm-t jelentenek. Február további napjaiban már döntően magasnyomás helyezkedik el a Kárpát-medence felett. Február 11-én még egy magassági hidegcsepp okoz többfelé, jelentéktelen havazást, ezután csak kisebb körzetekben fordul elő egy-egy nap csapadék, de ennek a mennyisége sehol sem éri el az 1 mm-t.

Országos havazás, hófúvással januárban

Az előrejelzők „álma” télen egy országos, jelentős havazás sikeres prognosztizálása. Idén ebből kettő is jutott, talán nem tanulság nélküli a két szinoptikus helyzet felidézése.

Január 6. és 11. között 25-50 cm hó hullott le. A szinoptikus helyzetet egy a Brit-szigetektől egészen az Urálig nyugat-kelet irányban húzódó magas nyomású zónával, és délen a Földközi-tenger térségében vonuló ciklonokkal jellemezhetjük. Január 7-én 00 UTC-kor a mediterrán ciklon középpontja Közép-Olaszország felett van. Áramlási rendszerében délkelet, dél felől enyhe, nedves levegő áramlik, ugyanakkor az említett anticiklon peremén északkeletről több, mint 10 fokkal hidegebb levegő halad dél, délnyugat felé. Az 5. ábrán a nyomási kép január 7. 12 UTC-s helyzete látható. A két ellentétes tulajdonságokkal bíró levegő hatására a medence felett éles hőmérséklet-különbség, intenzív frontálzóna alakult ki, és a medencében mind a talajon mind a 850 hPa-os szinten tartós konvergencia figyel-

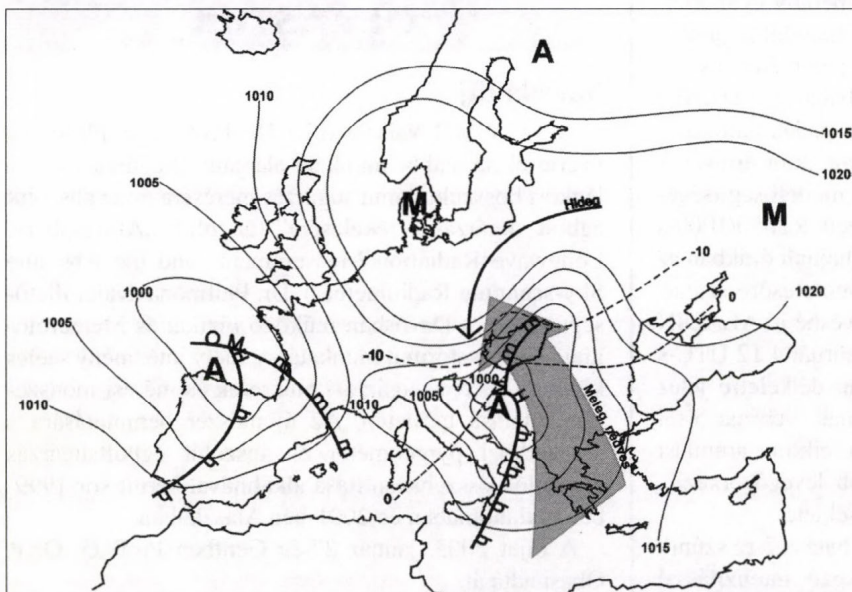
hető meg. Hatására 7-én országsszerte havazott, a nyomási gradiens és az erőteljes hidegadvekciónak miatt gyakran fűt erős, néhol viharos északi, északkeleti szél, amely több helyen hófúvást okozott. A ciklon 8-án elhagyja térségünket, északkeleten is megszűnik a havazás. 9-én a hajnali órákban azonban egy újabb mediterrán ciklon csapadéközónája éri el a délnyugati országrészt. Ez a ciklon valamivel délebbi pályán helyeződik kelet felé, nem annyira intenzív térségünk felett. Bár sokfelé okoz ismét havazást, de jelentősebb mennyiség a déli, délkeleti vidékeken hullik. A nagyobb mennyiségű csapadék a ciklon centrális területén, tehát az országtól kissé délebbre esik. A ciklon hatása január 11-én délelőtti teljesen megszűnik, magas nyomás épül ki a medence felett.

A bemutatott időjárási helyzet jól előrejelezhető. Télen egy mediterrán ciklon kelet felé helyeződése során legtöbbször országos havazással lehet számolni. (Ha a ciklon centrum északkelet mozdul el, akkor a medence déli, délkeleti vidékein havas eső, eső is gyakori. Természetesen ha a ciklon jóval délebbi pályán vonul keletre, akkor a fő csapadékrendszerei már nem érintik a magyar területeket.) Bár az ALADIN modell 24 órával a havazás kezdete előtt csak a déli országrészre jelzett előre jelentősebb csapadékot, a várható nyomási képből az előrejelző időben figyelmeztetett a többfelé jelentős mennyiséggel járó havazásra.

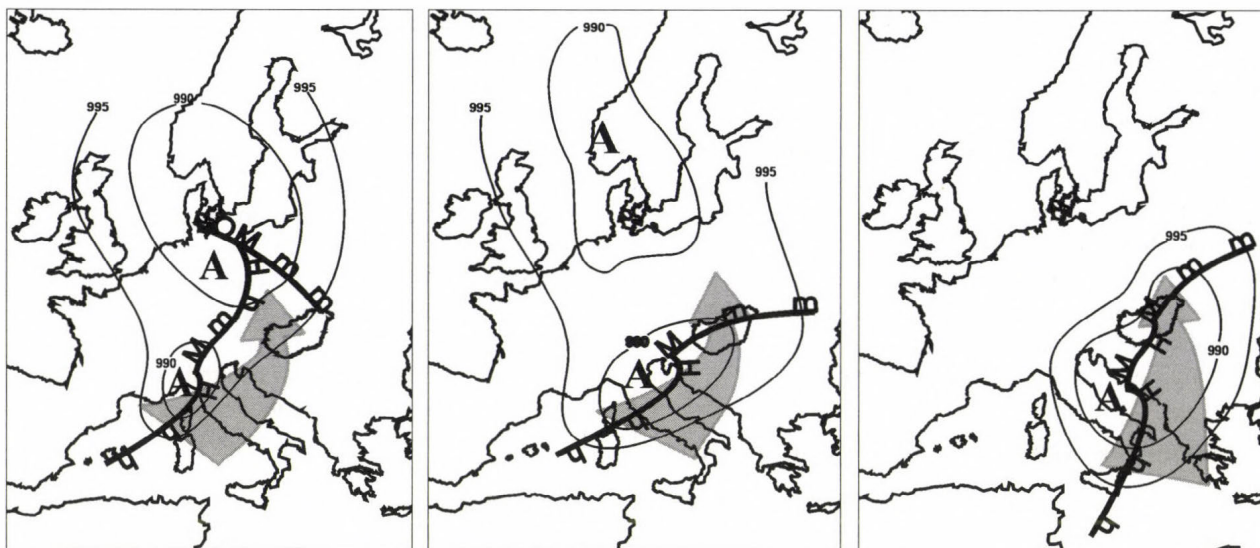
Havazás februárban

Február elején a januári hónap már nyoma sincs. Február 4-én azonban ismét országos havazás kezdődik. A 6. ábrán az időjárási események láthatók időrendben. 4-én a hajnali órákban a Skandináv-félsziget déli része

feletti középponttal örvénylő ciklon melegfrontja eléri a Kárpát-medencét, egyre többfelé havazás kezdődik. A ciklon hidegfrontja az Alpok felett húzódik. A front déli részén lévő hullám megerősödve, önálló ciklonná fejlődve vonul keletre, és egészen február 7-ig meghatározza térségünk időjárását. Az erősödő déli ciklon előoldalán áramló enyhe levegő hatására átmenetileg a 0 fokos izoterma a déli határ mentén húzódik, 4-én délen havas eső, ónos eső, eső, 5-én délkeleten kezdetben havas eső is előfordult. Budapest térségét is érinti a meleg advekciónak, a 850 hPa-s szint hőmérséklete az adott februári napon, 4-én 00 UTC-kor -4°C , 12 UTC-kor -3°C , február 5-én 00 UTC-kor -6°C volt.



5. ábra: A talajszinoptikus kép 2003. január 7. 12 UTC-kor. Az ábrán feltüntetjük a meleg, nedves szállítószalag, illetve a 0 és -10°C -s izoterma helyzetét



6. ábra: A 2003. február 4. 06 és 5. 00 UTC közötti időjárási események sematikus képe a meleg, nedves szállítószalaggal

Régóta alkalmazott gyakorlat, hogy ha a 850 hPa-os szint hőmérséklete -4 foknál alacsonyabb, akkor havazásra lehet számítani, 0 és -4 fok között vegyes a halmazállapot. Ez alapján Budapesten is lett volna esélye a vegyes halmazállapotnak, de a megfigyelések csak havazásról számoltak be. Egy másik paraméter, nevezetesen az RT850/1000 értékeiből levont következtetések az elmúlt télen, így az adott napon is jobban tükrözték a halmazállapot valódi eloszlását.

Ezt a paramétert, és több más – a halmazállapottal kapcsolatba hozható – paramétert a halmazállapot jobb közelítése érdekében Hirsch Tamás (Hirsch, 2000) vizsgálta. A Bayes-döntésen alapuló módszere jó eredményhez vezetett, a megvizsgált tizenegy paraméter közül három bizonyult legmegbízhatóbbnak, nevezetesen RT850/1000, RT925/1000, T925. Az operatív gyakorlatban régóta alkalmazott T850 csupán a hatodik legjobb a tizenegy között. Az RT850/1000-s paraméter esetén 1300 gpm az a küszöbérték, amely elválasztja az esőre és a hóra vonatkozó értékeket. Ha a csapadék halmazállapotát akarjuk előrejelezni, akkor a prediktor értékét is előre kell jelezni valamely numerikus modell segítségével. Az ECMWF modellből előrejelzett RT850/1000-s mező eloszlása alapján február 4-én a hajnali órákban az ország, nyugati, délnyugati vidékein lehet esőre számítani, de a tényleges adatok alapján kevésbé jó ALADIN modell is havazást ad Budapestre. A február 4 12 UTC-s adatokból az ECMFW modell csupán délkeletre jelez előre esőt, amely megfelelt a valóságnak. Február 5-től már egyértelmű a halmazállapot, a ciklon áramlási rendszerében északról egyre hidegebb levegő érkezik, -6°C fok alá csökken 850 hPa hőmérséklete.

A csak lassan keletre mozgó ciklon hatása 7-re szűnik meg, tehát közel három nap váltakozó intenzitással havazik az országban az északnyugati területek kivételével. Ezután, ahogy a február jellemzésénél utal-

tunk rá, már számottevő csapadék nem hullik a hónap során az országban.

Az előrejelzések sikeresek voltak. A jelentős, országos havazást megadta időben az előrejelző, de azt is meg kell említeni, hogy ezúttal a numerikus modellek is nagyon jól követték az eseményeket. Az ALADIN modell előrejelzése Budapest környékére a ciklon egész élettartama idején kiemelkedő volt.

Újváry Katalin

Irodalom

Hirsch Tamás, 2000: Synoptic-climatological investigation of weather systems causing heavy precipitation in winter in Hungary. Időjárás, Vol 104, No.3. pp: 173-196.

OLVASTUK

Vaisala díj

A 17. WMO Vaisala¹ díjat Dr. Prof. Rolf Philipona nyerte el az alábbi munkája alapján: „Sugárzásmérő a légköri hosszuhullámú sugárzás mérésére és az abszolút égbolt sugárzás érzékelésére” (angolul: „Atmospheric Longwave Radiation Measurements and the Absolute Sky-scanning Radiometer”). Dr. Philipona svájci illetőségű tudós, a Davosban működő Fizikai és Meteorológiai Observatórium munkatársa, mely intézmény széles körben ismert a sugárzási műszerek és mérési módszerek kutatása területén. Az új műszer bemutatására a nemzetközi pyrgeometér és abszolút égboltsugárzás érzékelők összehasonlítása alkalmával került sor 1999-ben Oklahomában és 2001-ben Alaszkában.

A díjat 2003. január 27-én Genfben Prof. G. O. P. Obasi adta át.

WMO sajtóközlemény

Hunkár Márta

A LÉGKÖRI RÉTEGZŐDÉS HATÁSA A SZÁRAZFÖLDI FELSZÍNI TURBULENS ÁRAMOK INTENZITÁSÁRA*

1. Bevezetés

A szárazföldi felszín és a felszínközeli légtér kölcsönhatását számos nemlineáris típusú folyamat és jelenség jellemzi. Ezek közül a folyamatok és jelenségek közül a következők a fontosabbak: a besugárzás és a felszín kitettsége (a lejtő hajlata és iránya) közötti kapcsolat, valamint a hosszúhullámú kisugárzás és a felszíni hőmérséklet közötti – tipikusan nemlineáris – kapcsolat. A hőmérséklet ilyen vonatkozásban az egyik legfontosabb állapotváltozó, ugyanis növekedésével exponenciálisan növekszik a telítési párányomás és a respiráció* (Barcza, 2001), parabolikusan változik a sztómavezetés és a fotoszintézis-intenzitás (Jones, 1983), a fázisváltozásokkal kapcsolatos folyamatoknál (a hó és a jég fagyása és olvadása) pedig a folyamat lejátszódása hőmérsékleti határértékekhez kapcsolódik. A turbulencia intenzitása, azaz a légrétegződés mértéke szintén a hőmérséklet nemlineáris függvénye (Brutsaert, 1980). A nedvesség szintén meghatározó állapotváltozó. A vízgőz telítési hiányának növekedése exponenciálisan csökkenti a sztómavezetést (Jones, 1983) és nemlineáris módon alakítja a fotoszintézis-intenzitást. A talajnedvesség csökkenése exponenciálisan csökkenti a talaj vízvezetőképességét és a talajnedvesség-potenciált. A transpiráció* z és a lefolyás folyamatai pedig talajnedvességi határértékekhez kapcsolódnak. Legvégül, a turbulencia intenzitását, azaz a labilitás mértékét a légnedvesség is nemlineárisan befolyásolja.

A felsorolt nemlineáris kapcsolatok közül a légrétegződés és a turbulencia-intenzitás közötti kapcsolat az egyik legkomplexebb és emellett meteorológiai vonatkozásában is fontos. E tanulmányunkban a légrétegződés és a turbulencia-intenzitás közötti kapcsolatra fogunk összpontosítani. Vizsgálatainkban a sztratifikált és a neutrális állapot turbulens áramait és karakterisztikáit hasonlítjuk össze. Célunk a sztratifikált és a neutrális állapot karakterisztikái közötti eltérések becslése, hogy az alkalmazott Monin-Obukhov-féle hasonlósági elmélet fontosságát megítéljük. A két esetet különböző felszíntípusok, talajnedvességek és felszíni érdességek esetében hasonlítjuk össze. Kihangsúlyozandó, hogy érzékenységi vizsgálatainkat nem tudományos, hanem oktatás-módszertani szempontok alapján állítjuk fel.

Vizsgálatainkban a braunschweigi szinoptikus állomás hat napos mérési adatait (1992. 04. 28–1992. 05. 03) használjuk, mivel az igen változatos időjárása lehetővé teszi az esetek sokoldalú és több szempontból

történő kivizsgálását. Az adatsor mért légköri visszacsugárzási adatokat is rendelkezésünkre állít. A vizsgálatban nem vesszük figyelembe a felszín és a légkör közötti kölcsönhatást, ezért a különböző felszíntípusok, érdességi magasságok és talajnedvesség értékek esetében ugyanazokkal a légköri állapotváltozókkal számolunk. E feltételezés az időjárási folyamatok időskáláján (néhány órától néhány napig terjedő időszak) alkalmazható. Klimatológiai időskálán e kölcsönhatásoktól nyilvánvalóan már nem tekinthetnénk el. Számításainkat a SURFMOD modellcsalád PMSURF modellváltozatával (Ács és Hantel, 1999) végezzük.

2. A felszínközeli légköri modell

A modell a Penman-Monteith-féle képlet alapján a turbulens áramok (szenzibilis és látens hőáram) pillanatnyi értékeit becsüli. Számításainkban elhanyagoljuk az intercepciót*, ugyanis a felszín vízmérlegének igen kis hányadát képezi, mivel az időszakban lehullott csapadék nem nagy. A modellt a következő egyenletrendszer alkotja:

$$H = A_e - \lambda E, \quad (1)$$

ahol H illetve λE a szenzibilis illetve látens hőáram (Wm^{-2}), A_e pedig a felszín rendelkezésére álló energiája (Wm^{-2}).

$$r_a = f_1(u_*, L, \text{állandók}), \quad (2)$$

$$u_* = f_2(u_r, L, \text{állandók}), \quad (3)$$

$$L = f_3(u_*, H, \text{állandók}) = \frac{\rho \cdot c_p \cdot T_r \cdot u_*^3}{k \cdot g \cdot H} \quad (4)$$

r_a az aerodinamikai ellenállás (sm^{-1}), u_* a dinamikus sebesség (ms^{-1}), L a Monin-Obukhov-féle hossz (m), f_1 és f_2 a légköri rétegződéstől függő függvények, ρ a levegő sűrűsége (kgm^{-3}), c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$), u_r , T_r a referencia szinten mért szélsebesség (ms^{-1}) illetve hőmérséklet (K), k pedig a dimenzió nélküli Kármán-féle állandó, melynek értéke 0,4.

Az r_a aerodinamikai ellenállás, mely szervesen kapcsolódik a Monin-Obukhov elmélethez, a modell egyik legérzékenyebb paramétere. A fenti 4 egyenlet 4 ismeretlenje: H , L , r_a , u_* . Ezen implicit egyenletrendszer csak iteratív módon oldható meg, de a megoldás nem mindig létezik (Czúcz és Ács, 1999). Ezek az esetek az extrém stabilis vagy labilis állapotokban for-

* A tanulmány összefoglalja az ELTE Meteorológiai Tanszék Agrometeorológia tárgyában szereplő gyakorlatokat a Monin-Obukhov elmélettel kapcsolatban

dulnak elő. Az r_a parametrizálása Ács és Kovács (2001) tanulmányában látható.

A rendelkezésre álló energiát (A_e) meghatározó fizikai folyamatok nyilvánvalóan a felszín energiamérlegével kapcsolatosak. Csupasz talaj esetén:

$$A_e = R_n - G, \quad (5)$$

ahol R_n a felszín sugárzási egyenlege és G a talaj felszíni hőárama. A felszín sugárzási egyenlegét az izotermális nettó sugárzással közelítjük (a kisugárzási tagban a felszíni hőmérséklet a léghőmérséklettel egyenlő). A növényállomány és a csupasz talaj albedóját és sugárzási egyenlegét – a fluxusok jobb összehasonlítása céljából – azonosnak vesszük, így a két felszíntípus rendelkezésre álló energiája csak a talajhőáram miatt tér el. A felszíni hőáram a növényzettel borított talaj esetén elhanyagolható, azaz $G=0$. A Penman-Monteith-féle képlet alapján a rendelkezésre álló energiából

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot A_e + \rho \cdot c_p \cdot \delta e / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)} \quad (6)$$

nagyságú látens hőáram képződik. Δ a telítési vízgőznyomás hajlata a T hőmérsékleten, $\delta e = e_s(T) - e$ a telítési vízgőzhiány (hPa), r_s a növényállomány vagy a csupasz talaj felszíni ellenállása a vízgőzárammal szemben (sm^{-1}), γ a pszichrometrikus állandó, értéke $0,65 \text{ hPaK}^{-1}$.

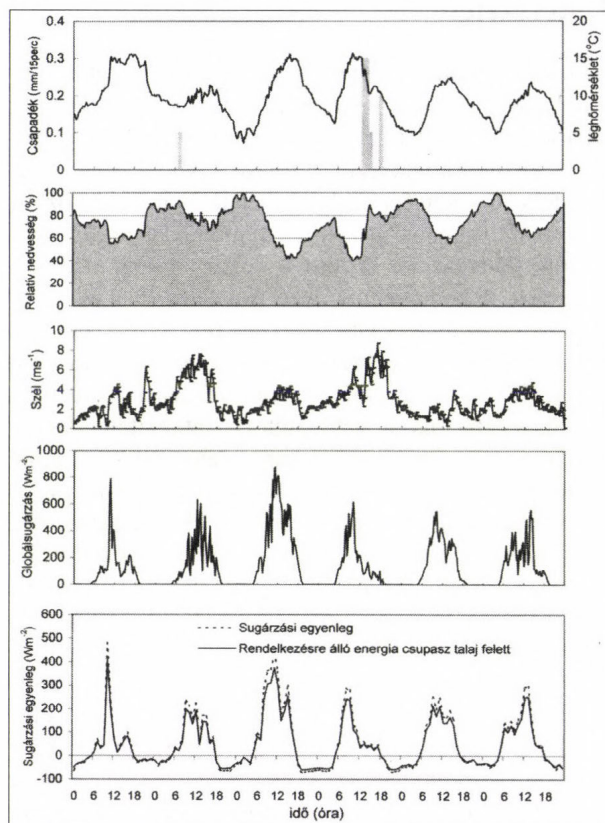
3. Adatsor

A bemenő adatokat a légköri határfeltételek és a talaj/növény paraméterek alkotják

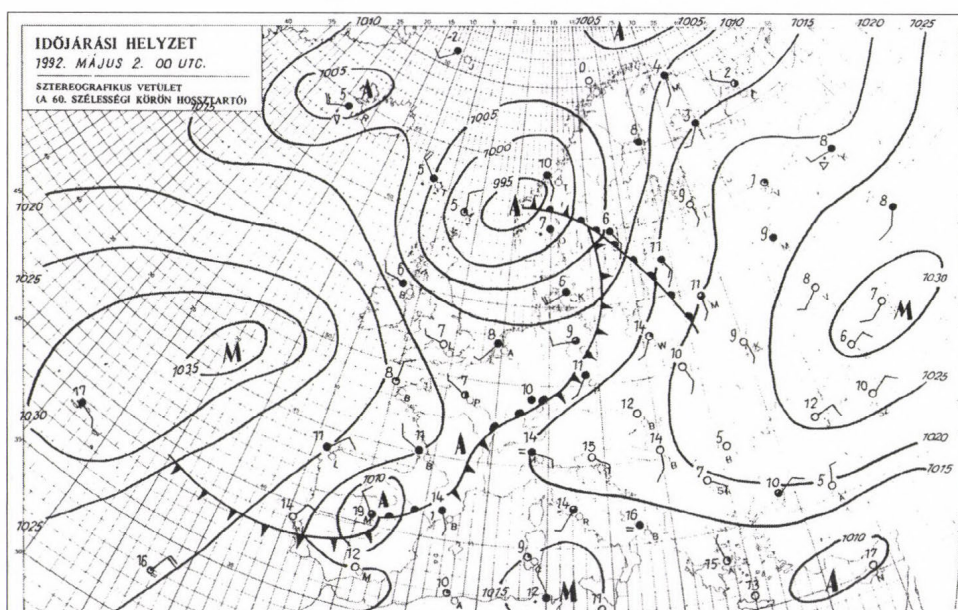
3.1 Légköri határfeltételek

Vizsgálatainkat a braunschweigi szinoptikus állomás hat napos mérési adatsorán (1992. 04. 28 – 1992. 05. 03) végezzük. Az adatsor a felszínközeli légkör állapotát (globálisugárzás, légköri visszاسugárzás, csapadék, léghőmérséklet, légnedvesség és szélsebesség) jellemzi negyed órás időléptékben (1. ábra). Az adatsor tükrözi az atlanti klíma tavaszi időszakához tartozó igen változó időjárását. A borús és a napsütéses időszakok gyors váltakozása látható az időszak második és harmadik nap-

ján. A negyedik napon szembetűnő a csapadékhullás a hőmérséklet csökkenés, a szélsebesség növekedés és a besugárzás csökkenésének egyidejű bekövetkezése. Ezen a napon front vonult át az állomás fölött (2. ábra).



1. ábra. A braunschweigi szinoptikus állomáson mért léghőmérséklet, csapadék, szél, relatív nedvesség és globálisugárzás értékek, valamint a számított sugárzási egyenleg és a rendelkezésre álló energia menete csupasz talaj felett 1992. 04. 28–1992. 05. 03 között.



2. ábra. Időjárási helyzet 1992. május 2.-án 00. UTC-kor.

3. 2 Talaj/növény paraméterek

Az érzékenységi vizsgálatokat vályogon végezzük. A használt talaj/növény paramétereket, a „nedves” és „száraz” eseteket valamint a „nagy” és „kis” érdességeket az 1. táblázatban definiáljuk.

1. táblázat: Talaj-növény paraméterek.

Csupasz talaj		
A szabadföldi vízkapacitáshoz tartozó talajnedvesség		$\theta_f=0,25\text{m}^3\text{m}^{-3}$
A hervadásponthoz tartozó talajnedvesség		$\theta_w=0,15\text{m}^3\text{m}^{-3}$
Talajnedvesség	Nedves eset	$\theta_{wet}=0,24\text{m}^3\text{m}^{-3}$
	Száraz eset	$\theta_d=0,14\text{m}^3\text{m}^{-3}$
Érdesség	Nagy érdesség	$Z_0=0,10\text{m}$
	Kis érdesség	$Z_0=0,01\text{m}$
Növényzet		
A növényállomány magassága		$H=1\text{m}$
Talajnedvesség	Nedves eset	$\theta_{wet}=0,24\text{m}^3\text{m}^{-3}$
	Száraz eset	$\theta_d=0,14\text{m}^3\text{m}^{-3}$
Az érdességi paraméter	Nagy érdesség	$Z_0=0,50\text{m}$
	Kis érdesség	$Z_0=0,10\text{m}$

4. Numerikus vizsgálatok

A numerikus vizsgálatainkat a 2. táblázatban leírt esettanulmányok alapján végezzük. A szimulációk során összehasonlítjuk a sztratifikált és a neutrális állapothoz tartozó látens hőáram és sűrűlási sebesség értékeket különböző felszíntípusok és talaj/növény paraméterek esetén.

2. táblázat: Az esettanulmányokban használt felszíni paraméter kombinációk.

Felszíntípus	Esettanulmányok	
Csupasz talaj	1	Nedves eset és nagy érdesség
	2	Nedves eset és kis érdesség
	3	Száraz eset és nagy érdesség
	4	Száraz eset és kis érdesség
Növényzet	5	Nedves eset és nagy érdesség
	6	Nedves eset és kis érdesség
	7	Száraz eset és nagy érdesség
	8	Száraz eset és kis érdesség

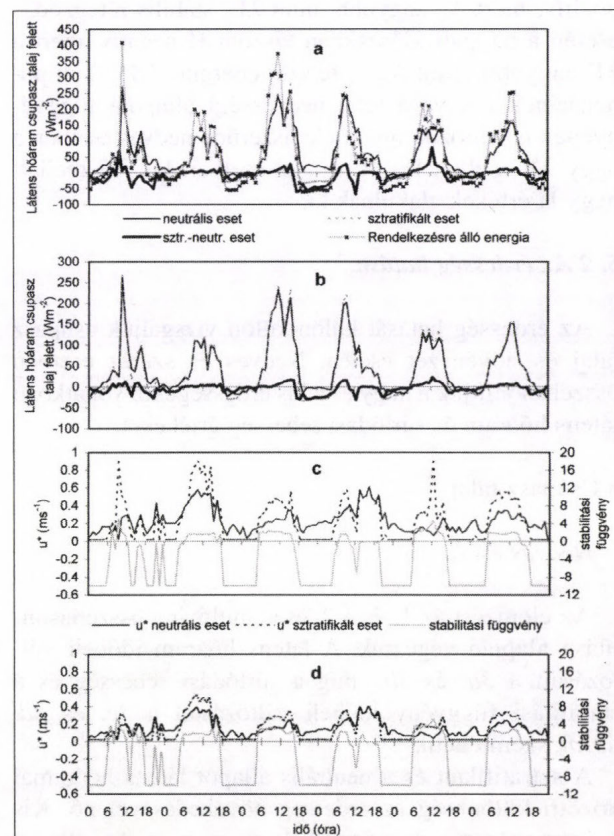
5. Az eredmények elemzése

Elemzéseinkben a látens hőáram, a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változásait vizsgáljuk sztratifikált és neutrális állapot esetén különböző felszíntípusokra vonatkozóan (lásd a 2. Táblázatot). A rétegződés hatását a sztratifikált és a neutrális állapotok közötti különbségek átlagával jellemezzük: $|\lambda E_{s\text{ztr}} - \lambda E_n| = \Delta E$ a látens hőáram esetében; ill. $|u_{s\text{ztr}} - u_n| = \Delta u$ a sűrűlási sebesség esetében. A ΔE és Δu értékeket megkülönböztetjük labilis (l) és stabilis (s), érdes (r) és sima (s), valamint nedves (w) és száraz (d) esetekben, a

zárójelbe tett betűjeleket az alsóindexben tüntetjük fel. A felszíntípust – növényállomány esetén (v) és csupasz talaj esetén (b) – a felső indexben jelöljük.

5. 1 Általános jellemzők

Az ábrákon – a neutrális rétegződés mellett – sztratifikált állapotot tüntetjük fel, mely stabilis vagy labilis rétegződést jelenthet. A neutrális rétegződéstől való eltérés mértékét a stabilitási függvény (Ψ) fejezi ki. A definíció alapján a Ψ pozitív értékű labilis, negatív értékű stabilis és nulla neutrális rétegződés esetén. A stabilis rétegződéshez tartozó Ψ átlagos értéke -7 (a függvény minimális értékét -10 -nél határoztuk meg), míg a labilis rétegződéshez tartozó Ψ átlagos értéke 2 . Megállapítható, hogy a numerikus kísérletekben a stabilis rétegződéshez tartozó Ψ értékek abszolút értékben nagyobbak, mint a labilis rétegződés esetén. A labilis rétegződésű látens hőáramnak és sűrűlási sebességnek a neutrális rétegződésű értékeitől vett átlagos eltérése $\Delta E_l = 6\text{Wm}^{-2}$ és $\Delta u_l = 0,2\text{ms}^{-1}$. A stabilis esetben ezek az átlagos eltérések $\Delta E_s = 8\text{Wm}^{-2}$, $\Delta u_s = -0,1\text{ms}^{-1}$. Az ettől eltérő



3. ábra. A látens hőáram időbeli változása neutrális és sztratifikált állapot esetén nedves, a: nagy érdességű, b: kis érdességű talajfelszín felett, valamint a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változása neutrális és sztratifikált állapot esetén nedves, c: nagy érdességű és d: kis érdességű talajfelszín felett. A rendelkezésre álló energia csupasz talaj felett az a ábrán látható.

esetek elemzésére részletesen kitérünk. A sztratifikált és a neutrális eset közötti látens hőáram különbség a délelőtti-déli órák felmelegedési szakaszában a legnagyobb; a délutáni lehűlési szakaszban pedig a legkisebb. Ennek megfelelően a felmelegedési szakaszban a Ψ értéke és a látens hőáram emelkedése a legnagyobb. A legkisebb Ψ értékek és a λE nagymértékű csökkenése a lehűlési szakaszban figyelhető meg (3.a és 3.b ábra). A sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény közötti összefüggés jól látható a 3.c és 3.d ábrákon. Mind labilis, mind stabilis esetben a stabilitási függvény (Ψ) abszolút értékének növekedésével (a labilitás és a stabilitás erősödésével) arányosan nő a sztratifikált és a neutrális állapot közötti sűrűlási sebesség különbség (Δu^*).

A rendelkezésre álló energia (A_e) menete a 3.a ábrán látható a csupasz talaj párolgásával (λE) együtt (nedves, érdes esetben). A szenzibilis hőáramot maradéktagként számoljuk (1. egyenlet), melynek menetét terjedelmi okok miatt nem mutatjuk be. A felszín energiamérleg-komponenseinek aránya a légrétegződés függvényében változik: labilis rétegződésnél a szenzibilis hőáram (H) pozitív, mert A_e nagyobb, mint λE , stabilis rétegződés esetén a nappali időszakban viszont H negatív, mert a λE nagyobb, mint A_e . A felszín energiamérleg-komponenseinek aránya a talaj nedvességi állapota függvényében is változik, így értelemszerűen nedves esetben a nagy λE mellett kis H , száraz esetben kis λE mellett nagy H értékek alakulnak ki.

5. 2 Az érdesség hatása

Az érdesség hatását külön-külön vizsgáljuk csupasz talaj és növényzet esetén. Nedves és száraz esetben összehasonlítjuk a nagy és a kis érdességekre vonatkozó látens hőáram és sűrűlási sebesség értékeket.

• Csupasz talaj

Nedves eset

Az elemzést az 1. és a 2. esettanulmány összehasonlítása alapján végeztük. A látens hőáram időbeli változásait a 3a. és 3b., míg a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változásait a 3c. és 3d. ábrák szemléltetik.

A sztratifikált és a neutrális állapot látens hőáramai közötti különbség az érdesség növekedésével nő. Kis érdesség esetén a sztratifikált és a neutrális állapot közötti átlagos látens hőáram különbség $\Delta E_s = 9 \text{ Wm}^{-2}$. Ugyanez a mennyiség nagy érdesség esetén $\Delta E_r = 17 \text{ Wm}^{-2}$. Ezzel szemben a maximális eltérések elérhetik a 80 Wm^{-2} is. Ezek az 5-dik nap nappali időszakában és a negyedik nap éjjeli időszakában jelentkeznek. Az érdesség egy nagyságrenddel való csökkenésével a

sztratifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbségek átlagosan kétszer kisebbek. ($\Delta E_r/\Delta E_s = 2$). Az extrém esetekben az eltérések ennél nyilván nagyobb arányúak.

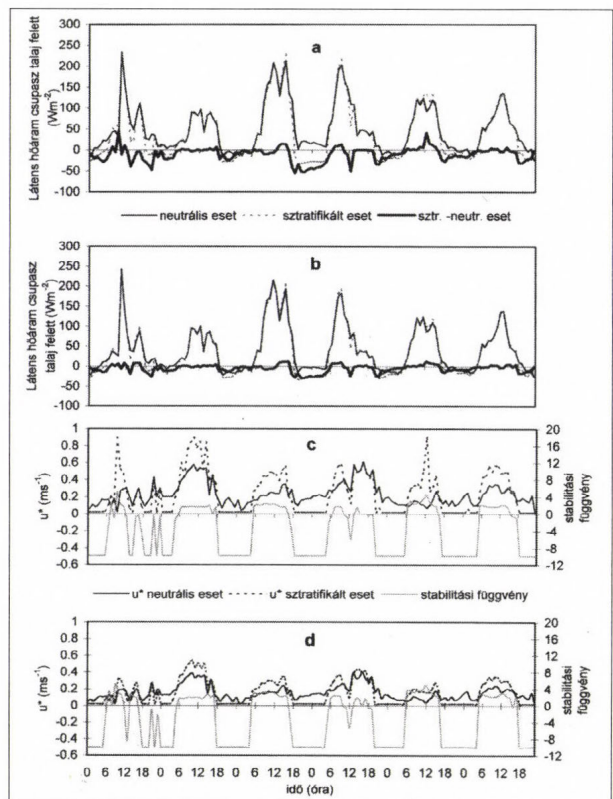
A sztratifikáció hatása különösen erősen jut kifejezésre a nagy érdesség esetén a harmadik napot követő éjjel, amikor neutrális esetben párolgás, a sztratifikált esetben pedig harmatképződés van. Kis érdesség esetén viszont a neutrális rétegződésben is harmatképződés van.

Kis érdesség esetén a sztratifikált és a neutrális állapot közötti sűrűlási sebesség különbség ($\Delta u^*_{ws} = 0,077 \text{ ms}^{-1}$) kétszer kisebb, mint a nagy érdesség esetén ($\Delta u^*_{wr} = 0,140 \text{ ms}^{-1}$)

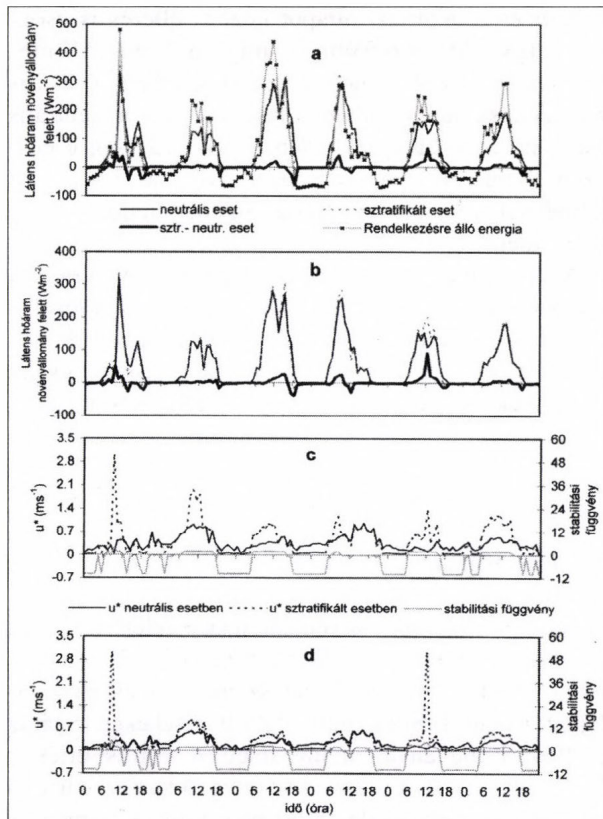
Az érdesség hatása a stabilitási függvény értékeire nem számottevő.

Száraz eset

Az elemzéseinket a 3. és a 4. esettanulmányok összehasonlítása alapján végezzük. A látens hőáram időbeli változásait a 4a. és a 4b., míg a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változásait a 4c. és a 4d. ábrák szemléltetik.



4. ábra. A látens hőáram időbeli változása neutrális és sztratifikált állapot esetén száraz, a: nagy érdességű, b: kis érdességű talajfelszín felett, valamint a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változása neutrális és sztratifikált állapot esetén száraz, c: nagy érdességű és d: kis érdességű talajfelszín felett.



5. ábra. A látens hőáram időbeli változása neutrális és sztrifikált állapot esetén, nedves talajon **a**: nagy érdességű **b**: kis érdességű növényállomány felett; valamint a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változása neutrális és sztrifikált állapot esetén nedves talajon **c**: nagy érdességű és **d**: kis érdességű növényállomány felett. A rendelkezésre álló energia növényállomány felett az **a** ábrán látható.

Száraz esetben az érdes felszínnél a sztrifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbség $\Delta E_r = 14 \text{ Wm}^{-2}$, kis érdességnél $\Delta E_s = 8 \text{ Wm}^{-2}$. Labilis rétegződés esetén a talaj vízhiánya korlátozza a párolgást, így itt a sztrifikált és a neutrális állapot közötti különbség is kisebb, és kevésbé érzékeny az érdességre.

Nagy érdesség esetén labilis rétegződésben a párolgás értékek közötti átlagos különbség $\Delta E_{rl} = 3,5 \text{ Wm}^{-2}$. Ugyanez a mennyiség kis érdesség esetén $\Delta E_{sl} = 2,7 \text{ Wm}^{-2}$. A maximumoknál viszont két esetben is ennél jóval nagyobb eltérést tapasztalhatunk (az első és az ötödik nap). Ugyanezen különbségek stabilis esetben nagyobbak: $\Delta E_{rs} = -16,3 \text{ Wm}^{-2}$, $\Delta E_{ss} = -9,7 \text{ Wm}^{-2}$.

A sűrűlási sebesség alakulása megközelítően azonos a nedves esetben tapasztaltakkal, azaz $\Delta u_{dr}^* = 0,144 \text{ ms}^{-1}$, $\Delta u_{ds}^* = 0,081 \text{ ms}^{-1}$.

Látható, hogy száraz esetben a sűrűlási sebesség és így az impulzusáram relatív megváltozása lényegesen nagyobb, mint a látens hőáramé. Ez annak köszönhető, hogy a sűrűlási sebességet a stabilitási függvény határozza meg, amely csaknem független a talaj vízellá-

tottságától. Ezzel szemben a látens hőáramot az aerodinamikai és a felszíni ellenállás összege határozza meg. Nedves esetben a két ellenállás összemérhető, száraz esetben viszont a felszíni ellenállás lesz a meghatározó tag, így a légrétegződés hatása elhanyagolhatóvá válik.

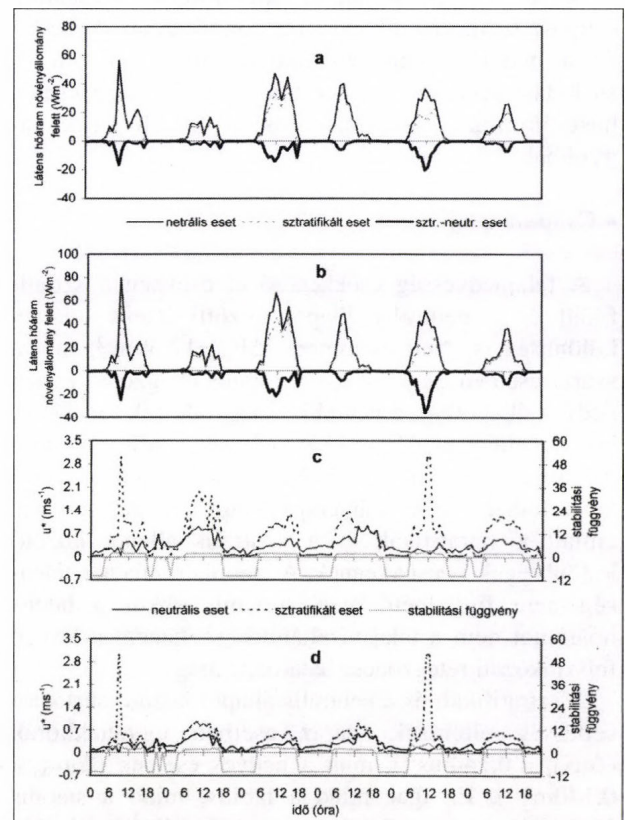
• Növényzet

Nedves eset

Az elemzéseinket az 5. és a 6. esettanulmányok összehasonlítása alapján végezzük. A látens hőáram időbeli változásait az 5a. és 5b. míg a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változásait az 5c. és 5d. ábrák szemléltetik.

Az érdesség csökkenésével kismértékben csökken a sztrifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbség ($\Delta E_r = 6,9 \text{ Wm}^{-2}$, $\Delta E_s = 6,4 \text{ Wm}^{-2}$). De az ötödik nap délutánján e különbség nagyobb.

A sztrifikált és a neutrális állapot közötti sűrűlási sebesség különbség az érdesség csökkenésével csökken, azaz $\Delta u_{dr}^* = 0,191 \text{ ms}^{-1}$ -ről $\Delta u_{ds}^* = 0,145 \text{ ms}^{-1}$ -ra csökkent. E általános tendencia mindössze két esetben nem



6. ábra. A látens hőáram időbeli változása neutrális és sztrifikált állapot esetén, száraz talajon **a**: nagy érdességű, **b**: kis érdességű növényállomány felett; valamint a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változása neutrális és sztrifikált állapot esetén száraz talajon **c**: nagy érdességű és **d**: kis érdességű növényállomány felett.

tapasztalható: az első nap délelőtti óráinak valamint az ötödik nap dél körüli óráinak egyikében.

Száraz eset

Az elemzéseinket a 7. és a 8. esettanulmányok összehasonlítása alapján végezzük. A látens hőáram időbeli változásait a 6a. és 6b. míg a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény időbeli változásait a 6c. és 6d. ábrák szemléltetik.

A sztratifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbség átlaga nagy érdesség esetén $\Delta E_r = 2,15 \text{ Wm}^{-2}$. Ugyanez a különbség kis érdesség esetén $\Delta E_s = 3,30 \text{ Wm}^{-2}$. Ez meglepő eredmény, mint ahogy az is, hogy a párolgás kisebb a labilis, mint a neutrális esetben. Erre a későbbiekben még részletesen visszatérünk.

Az érdesség csökkenésével a nedves esethez hasonlóan a sűrűlási sebesség is csökken, így $\Delta u_{*r} = 0,263 \text{ ms}^{-1}$, $\Delta u_{*s} = 0,200 \text{ ms}^{-1}$.

5.3 A talaj nedvességi állapotának hatása

A talajnedvesség hatását külön-külön vizsgáljuk csupasz talajra és növényzetre vonatkozóan. A száraz és a nedves esetre vonatkozó látens hőáram és sűrűlási sebesség értékeket a nagy érdesség esetén hasonlítottuk össze, mivel ekkor az eltérések nagyobbak.

• Csupasz talaj

A talajnedvesség csökkenésével csökken a sztratifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbség is. Nedves esetben $\Delta E_w = 17 \text{ Wm}^{-2}$, míg a száraz esetben $\Delta E_d = 14 \text{ Wm}^{-2}$. Labilis rétegződés esetén nedves állapotban a neutrális rétegződéstől vett látens hőáram eltérések $\Delta E_{w1} = 11 \text{ Wm}^{-2}$, míg a száraz állapotban mindössze $\Delta E_{d1} = 3,5 \text{ Wm}^{-2}$. Ez a száraz esetben tapasztalható nagy vízhiánnyal magyarázható, ugyanis emiatt a sztratifikált és a neutrális állapot közötti különbségek is csökkennek. A stabilis esetben e jelenség nem figyelhető meg, ugyanis ekkor a látens hőáramot nem a talaj vízellátottsága, hanem a levegő felszínközeli rétegződése határozza meg.

A sztratifikált és a neutrális állapot közötti sűrűlási sebesség eltérések száraz esetben ugyanakkorák ($\Delta u_{*dr} = 0,144 \text{ ms}^{-1}$), mint a nedves esetben ($\Delta u_{*wr} = 0,140 \text{ ms}^{-1}$). Ez igaz mind a labilis, mind a stabilis rétegződés esetén az érdesség nagyságától függetlenül.

• Növényzet

A talajnedvesség csökkenésével a transpiráció jelentősen csökken. Ezzel párhuzamosan a sztra-

tifikált és a neutrális állapot közötti eltérés is csökken. Így $\Delta E_w = 6,9 \text{ Wm}^{-2}$, míg $\Delta E_d = 2,15 \text{ Wm}^{-2}$. Meglepő viszont, hogy a száraz esetben a labilis rétegződésű látens hőáram kisebb, mint a neutrális esetben, azaz $\Delta E_{dr1} = 3,7 \text{ Wm}^{-2}$. Kis érdesség esetén ezen eltérés még nagyobb, azaz $\Delta E_{ds1} = 5,7 \text{ Wm}^{-2}$. E kérdéssel részletesen foglalkozunk majd az 5.5 fejezetben.

A sztratifikált és a neutrális állapot közötti sűrűlási sebesség különbség a talajnedvesség csökkenésével – ellentétben a csupasz talajjal – nő ($\Delta u_{*w} = 0,19 \text{ ms}^{-1}$, $\Delta u_{*d} = 0,26 \text{ ms}^{-1}$). Ennek oka a stabilitási függvény értékeinek és – egyes esetekben – előjelének megváltozása.

5.4 A felszíntípusok hatása

• Látens hőáram

A látens hőáram növényállomány felett az éjjeli időszakban mind sztratifikált, mind neutrális esetben nulla körüli értékekű. Ezzel szemben a csupasz talajnál ritkán kapunk nulla körüli értékeket. Száraz esetben a növényállomány felett a labilis értékek kisebbek, mint a neutrális rétegződéshez tartozó értékek. A csupasz talajnál ez nem figyelhető meg. A csupasz talaj és a növényzet eltérő érzékenységet mutat az érdességi paraméterre is. A sztratifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbségek nagyobbak csupasz talaj, mint növényállomány esetén. Ekkor meg kell említenünk azt is, hogy a növényállománynál ötszörös, míg a csupasz talajnál tízszeres különbséget vettünk a nagy és a kis érdesség esetei között (csupasz talaj esetében $\Delta E_{wr}^b / \Delta E_{ws}^b = 2$, növényállománynál $\Delta E_{wr}^v / \Delta E_{ws}^v = 1,1$). A növényzet és a csupasz talaj eltérő érzékenységet mutat a talajnedvesség állapotokra is. A sztratifikált és a neutrális állapot közötti látens hőáram különbség változása a nedvesség változásával a csupasz talajnál $\Delta E_{wr}^b / \Delta E_{dr}^b = 1,2$, míg a növényzetnél $\Delta E_{wr}^v / \Delta E_{dr}^v = 3,2$. Láthatjuk, hogy a növényzetnél nagyobb az érzékenység, mint a csupasz talaj esetén.

• Sűrűlási sebesség

A növényállomány felett a sztratifikált és a neutrális állapot közötti különbségek nagyobbak, mint a csupasz talaj esetén. A 10 cm-es érdességű növényállomány felett (kis érdesség) valamint az ugyanekkora érdességű talajfelszín felett (nagy érdesség) a sztratifikált és a neutrális állapot közötti különbségek megközelítően ugyanakkorák (pl. a növényállomány felett nedves esetben labilis rétegződés során $\Delta u_{*wr1}^b = 0,203 \text{ ms}^{-1}$, míg ugyanez csupasz talaj esetén $\Delta u_{*ws1}^v = 0,209$).

5.5. Látens hőáram növényállomány felett száraz esetben

Növényállomány felett száraz esetben a látens hőáram kisebb a labilis, mint a neutrális rétegződés esetén. E furcsának tűnő eredményt egy konkrét szimuláció esetén (április 28. 09 óra) magyarázzuk meg (3. táblázat).

3. táblázat: A látens hőáram P-M képletében szereplő tagjainak nagysága különböző nedvességi és labilitási állapotokban április 28-án 9 órakor (magyarázatot ld. a szövegben).

	Száraz talaj esetén		Nedves talaj esetén	
	Neutrális rétegződés	Labilis rétegződés	Neutrális rétegződés	Labilis rétegződés
A sugárzási tag értéke	43			
A sugárzási taghoz tartozó látens hőáram (Wm^{-2})	9	1	25	9
A légkör párologtató képessége	17	300	17	289
A légkör párologtató képességéhez tartozó látens hőáram (Wm^{-2})	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>62</u>
Aerodinamikai ellenállás (r_a) (sm^{-1})	51	1	51	1
A növényzet felszíni ellenállása (r_s) (sm^{-1})	1087		64	
r_s/r_a	<u>21</u>	<u>1087</u>	<u>1,2</u>	<u>64</u>
Látens hőáram növényállomány felett (Wm^{-2})	13	6	35	71

A növényállomány párologását Penman-Monteith képlete alapján a sugárzási taghoz (7) és a légköri párologtató-képesség tagjához (8) tartozó látens hőáram összegek (9)+(10) adják:

$$\Delta \cdot A_e, \quad (7)$$

$$\rho \cdot c_p \delta e / r_a, \quad (8)$$

$$\frac{\Delta \cdot A_e}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)}, \quad (9)$$

$$\frac{\rho \cdot c_p \delta e / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)}. \quad (10)$$

A sugárzási és a légköri taghoz tartozó látens hőáramokat – a légköri határfeltételek mellett – elsősorban a Penman-Monteith képlet nevezőjében szereplő felszíni és aerodinamikai ellenállások hányadosa határozza meg. Száraz esetben az állomány felszíni ellenállása igen nagy ($r_s=1087sm^{-1}$) míg a nedves esetben az r_s sokkal kisebb ($r_s=6,4 sm^{-1}$), és összemérhető az r_a -val. Így az r_s/r_a arány legnagyobb a száraz talaj és labilis rétegződés esetén ($r_s/r_a=1087$) míg legkisebb a nedves talaj és neutrális rétegződés esetén ($r_s/r_a=1,2$). Láthatjuk, hogy az arány nagyságát mind a felszín nedvességi viszonyai, mind a sztratifikáció meghatározza. Mondhatjuk, hogy a sztratifikáció hatása valamelyest

kisebb a nedvességi viszonyok hatásához képest, elsősorban az r_s nagyobb változásai miatt. Az r_s/r_a arány módosítja mind a sugárzási taghoz ((9)-es kifejezés), mind a légköri taghoz tartozó látens hőáram ((10)-as kifejezés) nagyságát. A 3. táblázat adatai alapján e módosító hatás nagyobb a légköri, mint a sugárzási tag esetén. E légköri tagot módosító hatás nedves esetben

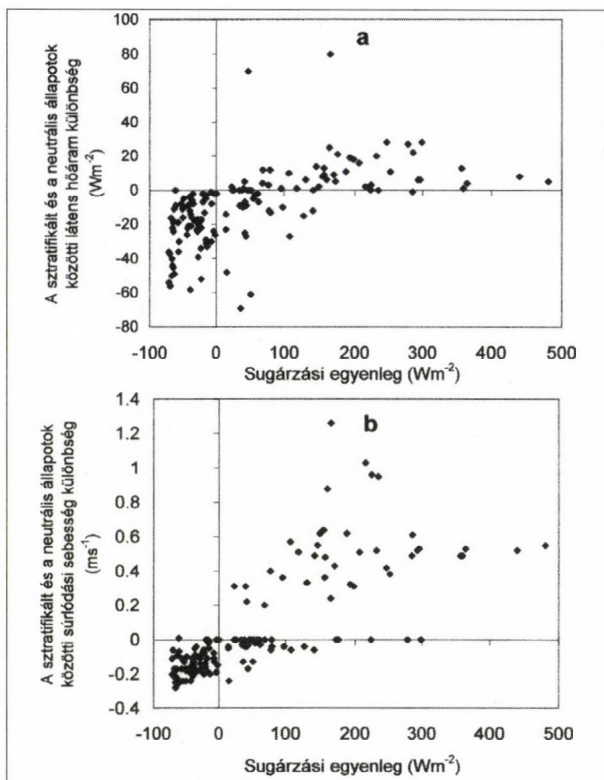
függ a sztratifikációtól (a légkör párologtató-képességéhez tartozó látens hőáram neutrális rétegződés esetén $10Wm^{-2}$, míg labilis rétegződés esetén $62Wm^{-2}$); míg a száraz esetben e sztratifikációtól való függés/változás szinte elhanyagolható (a légkör párologtató-képességéhez tartozó látens hőáram neutrális rétegződés esetén $4Wm^{-2}$, míg labilis rétegződés esetén $5Wm^{-2}$). Ezért a száraz viszonyokban – mint ahogy már említettük – a látens hőáram kisebb a labilis, mint a neutrális rétegződés esetén.

6. Befejezés

Munkánkban a légköri rétegződésnek a felszíni turbulens áramokra kifejtett hatását vizsgáljuk különböző felszíni állapotokra vonatkozóan. Az elemzéseink érzékenységi vizsgálatokra alapszanak. Vizsgálatainkhoz a braunschweigi szinoptikus állomás 6 napos adatsorát használjuk. A numerikus kísérleteket a SURFMOD modellcsalád PMSURF modelljével (Ács and Hantel, 1999) végezzük. Vizsgálataink során a látens hőáram, a sűrűlási sebesség és a stabilitási függvény napi menetét elemezzük különböző felszíntípusokra, érdességekre és talajnedvességi értékekre vonatkozóan (lásd az 1. és a 2. táblázatot). A sztratifikáció hatását a neutrális rétegződéstől vett eltérések nagyságával jellemezzük.

Eredményeinket a 7. ábra szemlélteti. Láthatjuk, hogy a sztratifikált és a neutrális állapotok közötti látens hőáram és sűrűlási sebesség különbségek függenek a sugárzási egyenlegtől. Látens hőáram esetén a légrétegződés hatása éjjel erősebb, mint nappal. Szembetűnő, hogy nappal a sugárzási egyenleg növekedésével a sztratifikált és a neutrális állapotok közötti látens hőáram különbség megközelítően állandó és nem haladja meg (eltekintve a két extrém esettől) a $40 Wm^{-2}$ -t. Ezzel szemben a labilis rétegződés hatása a momentumátvitelre jelentős.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az éjjeli időszakban van a legnagyobb jelentősége a Monin-



7. ábra. a: a sztratifikált és a neutrális állapotok közötti látens hőáram különbségek a sugárzási egyenleg függvényében nedves és nagy érdességű csupasz talajon, b: a sztratifikált és a neutrális állapotok közötti súrlódási sebesség különbségek a sugárzási egyenleg függvényében nedves talajon, nagy érdességű növényállomány felett.

Obukhov elmélet alkalmazásának a felszín energiamérleg-komponenseinek (párolgás, szenzibilis hőáram) becslésében. Ebből is látható, hogy a harmatképződés és a felszínközeli köd modellezése mikrometeorológiai szempontból az egyik legösszetettebb probléma.

Ács Ferenc és Druca Miklós

Irodalom

- Ács, F., and Hantel, M., 1999: The Penman-Monteith concept based land-surface model PMSURF. *Időjárás*, 103, 19–36.
- Ács, F., and Kovács, M., 2001: The surface aerodynamic transfer parameterization method SAPA: description and performance analysis. *Időjárás* 105, 165–182.
- Ács, F., and Szász, G., 2002: Characteristics of evapotranspiration on the microscale: A comparative analysis. *Theor. Appl. Climatol.* 73, 189–205.
- Barcza, Z., 2001: Long term atmosphere/biosphere exchange of CO₂ in Hungary. PhD Thesis, 102 pp.
- Brutsaert, W., 1980: Evaporation into the Atmosphere. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Boston. 299 pp.
- Czúcz, B., és Ács, F., 1999: A labilis rétegződés parametizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerrel. *Légkör*, XLIV/2, 2–6.
- Jones, H.G., 1983: Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, 309 pp.
- Monin, A. S., Obukhov, A. M., 1954. Basic Laws of Turbulent Mixing in the Atmosphere Near The Ground (Translation in Aerophysics of Air Pollution edited by J.A. Fay and D.O. Hoult, American Institute of Aeronautics and Astronautics, New York, pp. 90–119, 1969). Akademia Nauk SSSR, Leningrad, Trudy Geofizicheskovo Instituta 151 (No. 24), 163–187.

KISLEXIKON

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

transpiráció

(A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására)

A transpiráció (párolgtatás) a növények sztomáin (gázcserenyílásain) keresztül történő vízkiválasztás.

respiráció

(A légköri rétegződés hatása ...)

A respiráció (légzés) az élő szervezeteknek oxigén felhasználásával végbemenő, az erjedésnél (fermentáció) jóval nagyobb hatásfokú tápanyaglebontása. Az élővilág légzése során elvont oxigént a jelen légkörben jórészt a növényvilág fotoszintézise pótolja, és biztosítja az oxigénszint stabilitását.

intercepció

(A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására)

Az intercepció a csapadéknak az a hányada, amely nem jut le a talajra, mert a növényállomány felfogja. Az állomány felszínéről párolog el.

szenzibilis hő (entalpia)

(A standard meteorológiai állomás adatainak felhasználási lehetősége mikrometeorológiai szimulációs modell inputjaként)

A fizikai meteorológiában a szenzibilis hő (entalpia) az érzékelhető hőt jelenti, megkülönböztetésül a látens hőtől.

látens hő (átalakulási hő)

(A standard meteorológiai állomás ...)

A látens hő a rendszer halmazállapot-változása során a környezetből felvett vagy a környezetnek leadott hő. Elnevezése onnan származik, hogy ez a hőcsere a rendszerben nem okoz hőmérséklet-változást, mivel a hőenergia az egymással átalakuló fázisok energiakülönbségét fedezi. Az olvadást és párolgást hőfelvétel, a fordított folyamatot pedig hőleadás (hőfelszabadulás) kíséri. A meteorológiában a víz fázisváltásai e hőcsere következtében fontos energetikai folyamatok.

Összeállította: Schirokné Kriston Ilona

FEJEZETEK A VÁROSKLIMATOLÓGIÁBÓL – 1. RÉSZ

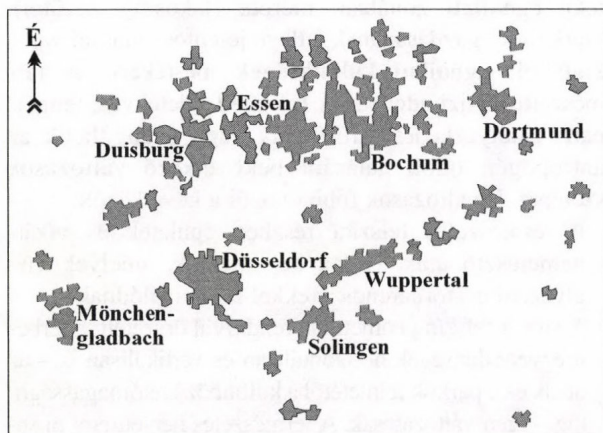
1. Az urbanizáció időbeli folyamata

A kb. tízezer évvel ezelőtti időktől kezdődően, vagyis az emberek kezdeti letelepedésének korától találkozunk a városok említésével. Az i.e. 3-4. évezredből egész sor nagyvárosról van tudomásunk, ugyanis a folyami kultúrák kialakulása (Mezopotámiában, Egyiptomban, az Indus és a Sárga-folyó völgyében) elősegítette a városok létrejöttét (1. táblázat).

1. táblázat A legrégebbi városok

Város	Mai ország	Kialakulása kb.
Jerikó	Palesztina-Izrael	i.e. 5000
Ur	Irak	i.e. 5. évezred
Susa	Irán	i.e. 4000
Hierakonpolis	Egyiptom	i.e. 4000
Nippur	Irak	i.e. 4. évezred eleje
Trója	Törökország	i.e. 4. évezred
Mohendzsodáro	Pakisztán	i.e. 3000
Memphis	Egyiptom	i.e. 2850
Anjang	Kína	i.e. 2000

Az i.e. 1. évezredben számos nagy település közül kiemelkedik Babilon 3–400 ezer lakosával és közel 300 km²-es területével. Ekkora nagyságú, körülfalazott település később sem jött létre a történelem folyamán. Néhány száz évvel később Karthago és az egyiptomi Théba (6–800 ezer fő) számított nagyvárosnak. A Római Birodalom fénykorában több mint egymillió lakosa volt Rómának és kb. 7–800 ezer Bizáncnak. A római korban a lakosság 10%-a élt a 30 db 100 ezernél nagyobb városban (7 millió ember) és ebben a korszakban csupán a kínai Han-birodalom városai vetekedtek Rómával. Így ez az időszak tekinthető a városiasodás első csúcspontjának.



1. ábra A Ruhr-vidék agglomerációja

A következő fellendülés az arab birodalom idején, a 10. században volt. A hatalmas birodalom területén 4,4 millió ember élt 22 nagyvárosban, amelyek közül Bagdad lakóinak száma megközelítette az 1 milliót. A középkor vége felé, a 16. században már az ázsiai fölény volt a jellemző: a világ 10 legnagyobb lélekszámú városa közül 5 Kínában volt.

Az európai települések nagyvárosokká fejlődése az ipari forradalom korában, a 17–18. században kezdődött, a 20. század első felében pedig az amerikai fejlődés volt szembetűnő. Napjainkban különböző agglomerációk kialakulása figyelhető meg szerte a világban (1. ábra). A legerőteljesebb urbanizáció – amely csak részben az iparosodás, inkább a robbanásszerű népességszaporulat egyenes következményeként – a harmadik világban jelentkezik (pl. Lagos, Mexikóváros, Sao Paulo, Bombay, Dacca) (2. táblázat).

2. táblázat Néhány nagyváros lakosságszáma 1992-ben és becslés szerint 2010-ben, a két időpont közötti becslött növekmény sorrendjében (millió fő) (UN, 1993)

Nagyváros	1992	2010	2010–1992
Lagos	8,7	21,1	12,4
Bombay	13,3	24,4	11,1
Dacca	7,4	17,6	10,2
Delhi	8,0	15,6	7,6
Jakarta	10,0	17,2	7,2
Peking	11,4	18,0	6,6
Sao Paulo	19,2	25,0	5,8
Teherán	7,0	11,9	4,9
Kairó	9,0	13,4	4,4
Tokió	25,8	28,9	3,1
Mexikóváros	15,3	18,0	2,7
Los Angeles	11,9	13,9	2,0
Rio de Janeiro	11,3	13,3	2,0
Buenos Aires	11,8	13,7	1,9
New York	16,2	17,2	1,0

Az idők folyamán különböző városszerkezeti típusok alakultak ki. Egyes területeken a geometria szabályai tükröződnek vissza a derékszögű utcahálózaton. Így van ez az ókori Rómában, a kínai városoknál és ez a szerkezet jelenik meg jóval később az Újvilágnak nem csupán az északi földrészén (pl. New York), hanem a délin is (pl. Buenos Aires). Ezekkel szemben az arab-islám és a középkori európai városok felépítése más. Az arab házak ötletszerűen vannak egymáshoz építve, befelé forduló, kis belső udvarokkal. Európában a római típusú városok az 5-6. század táján szinte teljesen

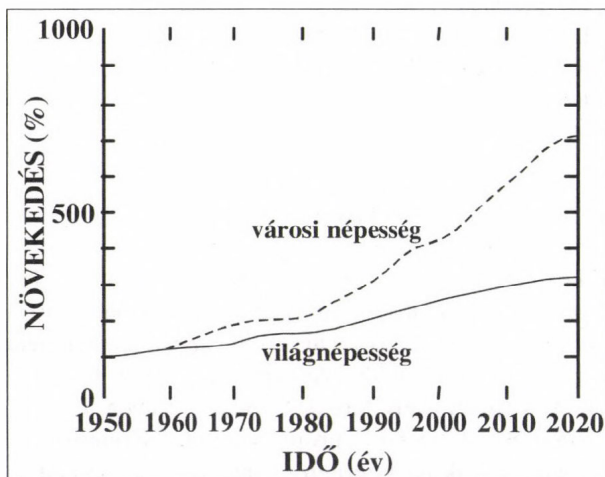
elpusztultak és az első ezredfordulóval kialakulóban lévő új városstruktúrák leginkább az arab stílus szabálytalan sokszögűségét formázták. Jóval később – a 19. századtól kezdődően – sugárutas, körutas városformációkat hoztak létre (pl. Párizs, Budapest, Szeged).

A különböző korok urbanizációs szintjét jól példázák a városi lakosság arányszámai az össznépsésséhez viszonyítva. Ezek szerint 1800-ban a Föld lakóinak mindössze 2,4%-a, 1900-ban 13,6%-a, 1960-ban 33,6%-a, 1985-ben 41%-a és 2000-ben már 46,6%-a élt városokban. A 3. táblázat egy összehasonlítást nyújt a fejlődő és a fejlett országok városiasodásával kapcsolatban.

3. táblázat A városokban élő lakosság száma és aránya a teljes népességhez viszonyítva (1950–2000)

Régiók	1950		1985		2000	
	(%)	(millió)	(%)	(millió)	(%)	(millió)
világ	29,2	734,2	41,0	1982,8	46,6	2853,6
fejlett régiók	53,8	447,3	71,5	838,8	74,4	949,9
fejlődő régiók	17,0	286,8	31,2	1144,0	39,3	1903,7

Jelenleg világviszonylatban 200 felett van a milliós nagyvárosok száma, folyamatosan nőnek a beépített területek, arányuk a sűrűn lakott országokban a 10%-ot is meghaladja. Magyarországon a népesség kb. 2/3-a lakik városokban (63% – 1996). A jövőre nézve a 2. ábra mutatja be általában és a városi lakosságra vonatkozóan a világ – részben becsült – relatív népességnövekedését az 1950–2020 közötti időszakban. Az ábra szerint 2020-ra a teljes lakosság várhatóan „csak” kb. háromszorosára, a városi kb. hétszeresére növekszik.

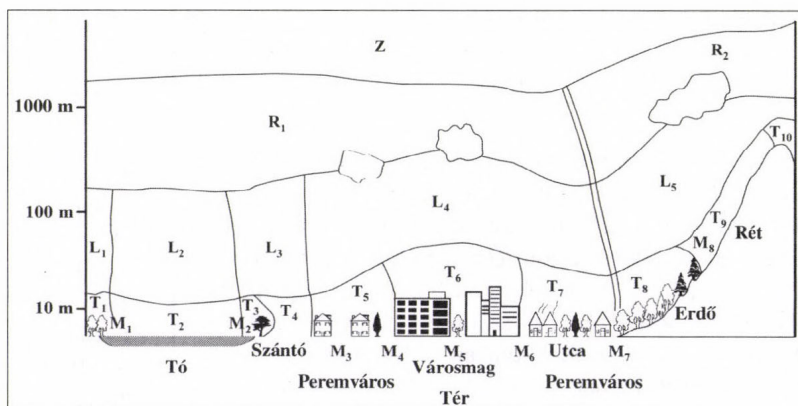


2. ábra A világnépesség és azon belül a városi lakosság növekedése 1950 és 2020 között (1950 = 100%)

2. A városklíma térbeli lehatárolása, kialakulásának okai

A fentiek alapján napjainkban az emberiség mintegy felét érintik a mesterségesen létrehozott városi környezet terhelései: a környezetszennyezés, a zaj, a felfokozott élettempóval együtt járó stressz és nem utolsósorban a városi légtér – a természetes környezethez képest – megváltozott fizikai paraméterei. A város (módosult) levegőkörnyezetét csak a különböző léptékű meteorológiai folyamatok eredményeképpen kialakuló éghajlat ismeretében lehet viszonyítani és elemezni.

A különböző mikroklímák időben igen változóak, rövid életűek és jellegzetes kifejlődésük egy adott időjárási helyzethez kötődik. A városokban megfigyelhető mikroklímák tarka mozaikszerűségükkel tűnnek ki. Az utcák, terek, parkok és udvarok mind sajátos éghajlattal rendelkeznek, amelyekben azonban közös vonások is vannak, melyek éppen a lokális (helyi) éghajlat, a városklíma keretében jutnak kifejezésre. A különböző klímák térbeli egymásra épülését a 3. ábra mutatja be szemléletesen.



3. ábra Az éghajlati jelenségek térbeli dimenziói: Z = zonális (makro) klíma, R = regionális (mezo) klíma, L = lokális klíma, T = topoklíma, M = mikroklíma (Yoshino, 1975)

A város földrajzi elhelyezkedése az adott nagyléptékű éghajlati zónában, mérete (lakosság, terület), szerkezete, gazdaságának jellege jelentős hatással van a kialakult éghajlati különbségek mértékére. A természetföldrajzi adottságok (pl. medencefekvés, tengerparti elhelyezkedés) erősíthetik vagy gyengíthetik az antropogén okok hatására bekövetkező változások szerepét. E változások főbb okozói a következők:

- A természetes felszín részben épületek és vízát nemeresztő utak, járdák helyettesítik, amelyek víz-elvezető csatornarendszerekkel kombinálódnak.
- A városi felszín geometriája rendkívül összetett, a térbeli egyenetlenségek horizontálisan és vertikálisan is – az utcák és a parkok felületétől a különböző tetőmagasságokig – igen változatosak. A természetes helyett egy új sugárzó felszín alakul ki a beépített területek tetősíntjében.

- A járdák, utak és az épületek anyagainak fizikai tulajdonságai is különböznek az eredeti felszín sajátosságaitól. Általában kisebb albedóval, nagyobb hővezetési tulajdonsággal és hőkapacitással rendelkeznek.
- A helyi energiaegyenlegnek bizonyos esetekben lényeges része lehet az emberi tevékenység által (ipar, közlekedés, fűtés) termelt és a környezetbe kibocsátott vagy kikerült hő is.
- Befolyásoló tényező az emberi (antropogén) folyamatok során keletkező anyagok, így a vízgőz, gázok, füst és egyéb szilárd szennyezőanyagok, melyek a várost lepelszerűen vonják be.

A városklíma jellemzőinek megismerése előtt foglalkozni kell röviden a települések felett kialakuló légrétegzettséggel is. A **városi határréteg** (*urban boundary layer* – UBL) magassága jelentős mértékben függ az érdességi viszonyoktól és két rétegre különíthető el.

A városi határréteg nagyobbik része, amelynek alapja a tetőszint közelében van, lokális vagy mezoskálájú jelenség és jellemzőit az általános városi felszín alakítja ki. A nappali UBL szerkezete és dinamikája hasonló a vidéki (természetes) határrétegéhez (*rural boundary layer* – RBL), de általában annál valamivel turbulensebb, melegebb, szárazabb és szennyezettebb. A városi határréteg burokként veszi körül a települést és függőleges kiterjedése meghaladja az RBL magasságát (4. ábra). Enyhe és közepes erősségű szél esetén a városi határréteg egy „toll” – más elnevezésekkel „tollpohár” vagy „zászló” – formájában elnyúlik a vidéki határréteg felett a széliránynak megfelelően. Így, a városon túl a természetes felszíneknek megfelelően kifejlődött RBL felett helyezkedik el ez a – városi levegő tulajdonságait sokszor 10–100 km-re is kiterjedően hordozó – réteg. Az éjszakai UBL gyökeresen más, mint vidéki megfelelője. Zavartalan időjárási viszonyok között 300 m-es magasságig is kiterjedhet és továbbra is jellemző rá a viszonylag erős keveredés, míg az RBL-ben a kisugárzás hatására erőteljes inverziós rétegzettség alakul ki.

A városi határrétegen belül, az átlagos tetőszint magasságában kialakuló ún. **városi tetőréteg** (*urban canopy layer* – UCL) tulajdonságait mikroskálájú (épületekhez, utcákhoz, terekhez, parkokhoz, stb. kapcsolódó) folyamatok kormányozzák.

3. A városi légkör összetétele

A települések jelentős mértékben felelősek a levegő szennyezéséért, amely nagyrészt a különböző égési folyamatok eredményeképpen keletkezik. Ez a szennyező hatás megváltoztatja a légkör termikus tulajdonságait, csökkenti a napsugárzást és nagymennyiségű kondenzációs magvat szolgáltat. A szennyezőanyagok halmazállapotukat tekintve a következők szerint csoportosíthatók:

Aeroszolkok – Lassan leülepedő vagy lebegő anyagi részecskék, amelyek főleg szén, ólom, alumínium és szilikát összetételűek. Mérésük mgm^{-3} vagy μgm^{-3} -ben történik.

Gázok – Ide tartoznak a hagyományos ipari és lakossági tüzelőanyagok elégetésekor keletkező gázok, például a kéndioxid (SO_2), valamint az olajszármazékok égésével felszabaduló szénmonoxid (CO), szénhidrogének, nitrogén oxidok (NO_x), az ózon (O_3), stb. Mérésük ppm-ben (parts per million = milliommód térfogatrész) történik.

A légköri szennyeződésekkel foglalkozva a következőket kell figyelembe venni:

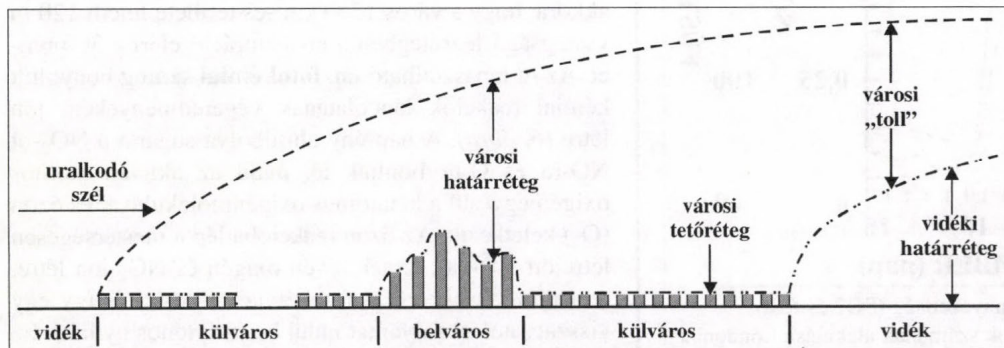
- a szennyeződések eloszlása nagymértékben a légkör stabilitási viszonyaitól (elsősorban az inverziók meglététől vagy hiányától) és a levegő vízszintes irányú mozgásától függ,
- az aeroszolkok ülepedéssel és kimosódással idővel eltávoznak a légkörből,
- egyes anyagok olyan fotokémiai reakciókban vesznek részt, amelyek bizonyos anyagokat lebontanak, másokat viszont felépítenek.

3.1. Aeroszolkok

Az egész Föld-légkör rendszer sugárzási mérlegét befolyásolják a természetes eredetű aeroszolkok, amelyek a száraz területek, vulkánok por- és hamufelhőit alkotják, illetve különböző tüzeknél keletkeznek. Az elmúlt évszázad alatt különösen Euráziában növekedett meg az átlagos porkoncentráció, ami részben a nagy vulkánkitörések számlájára írható (pl. Bali szigetén 1963-ban, Kamcsatkán 1966-ban és a Fülöp-szigeteken 1991-ben). A légkö-

ri pornak az a része, amely közvetve vagy közvetlenül emberi tevékenységből (pl. mezőgazdaság, cementipar, közlekedés) származik, a becslések szerint eléri a 30%-ot.

A kis részecskék ($0,01\text{--}0,1\ \mu\text{m}$ átmérő) koncentrációja a



4. ábra A városi légkör szerkezete (Oke, 1976)

vidéki levegőben átlagosan 150 ezer db/cm³ (de mértek 9500-t is!), míg a városokban elérheti a 4 millió db/cm³-es értéket is. Hasonló a helyzet a nagyobb (0,5–10 µm átmérő) részecskék esetében, amelyekből az ipari városokban 25–30 db/cm³ is kimutatható a levegőben, míg vidéken csak 1–2 db/cm³.

Ezeknek a részecskéknek a legnagyobb része a keletkezési helyük szomszédságában ki is hullik a levegőből, vagyis terhelő hatásukat elsősorban a forrásuk körzetében fejtik ki. A legnagyobb koncentráció általában akkor jelentkezik, amikor enyhe szél fúj, gyenge a függőleges irányú turbulencia, hőmérsékleti inverzió alakul ki és magas a relatív nedvesség. A városok aeroszol-szennyeződésének évszakos és napi menetében a lakások fűtése és elektromos áram iránti igény változása jellegzetes ciklusokat okozhat. Télen a legnagyobb koncentráció általában reggel 8 óra körül jelentkezik. Ez a reggeli gyors koncentráció-növekedés azonban részben természetes folyamatok következménye, mivel a felszín feletti néhány száz méteres stabil réteg alatt éjszaka megszorult szennyeződést a beinduló termikus konvekció visszahozhatja a földfelszín közelébe.

Esetenként a nagyon stabil légköri feltételek kombinálódhatnak a normálnál nagyobb szennyezőanyag-kibocsátással, ami olyan sűrű **szmog** (füstköd) kialakulását eredményezi, amelynek akár halálos áldozatai is lehetnek. Klasszikus példa erre *London*, ahol 1952. december 4. és 9. között a város felett kialakult hőmérsékleti inverzió olyan sűrű füstködöt hozott létre, hogy a látástávolság 48 órán keresztül 10 m-nél kisebb volt (5. ábra). Ennek tulajdonítják a halálozások számának megugrását az 1953 februárjáig tartó periódusban, ugyanis ekkor 12 ezerrel több haláleset volt, mint a meg-

előző év hasonló időszakában. Természetesen ez a nagy sűrűségű szmog nem közvetlenül szedte áldozatait, hanem azok számára jelentette a végső rizikófaktor, akik idősebbek, vagy légzőszervi és keringési problémákkal küszködő emberek voltak. Ilyen tragikus mértékű légszennyezés *Londonban* – a levegőtisztasági törvény (*Clean Air Act*) bevezetésének következtében – azóta sem fordult elő, ezért az itteni intézkedéseket példaértékűnek tekinthetjük. A füstnélküli tüzelőanyagok használata és más, a szennyeződést csökkentő szabályok betartásának hatására például az 1952-es 141 ezer tonnás füstki-bocsátás már 1960-ra 89 ezer tonnára redukálódott.

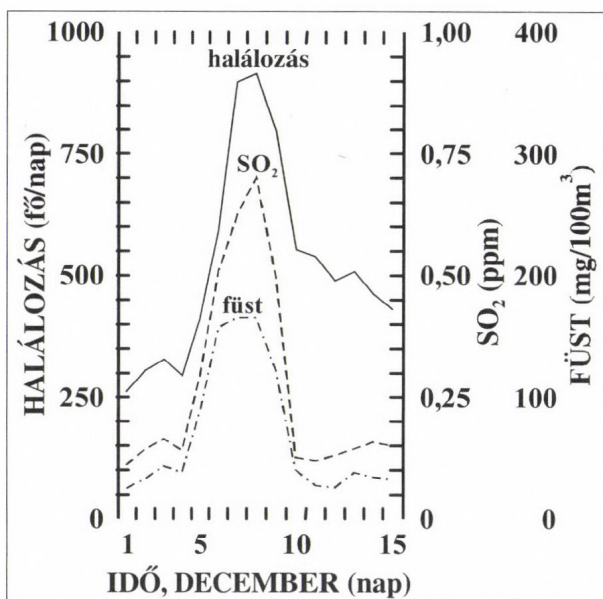
3.2. Gázok

A nagyvárosok levegőjére általában jellemző fontosabb gázokat és átlagos koncentrációjukat (amelyektől az egyedi esetekben természetesen eltérések is tapasztalhatók) a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat Néhány szennyező gáz a nagyvárosok levegőjében (ppm)

<i>szén-dioxid</i>	300–1000
<i>szén-monoxid</i>	1–200
<i>kén-dioxid</i>	0,01–3
<i>nitrogén-oxidok</i>	0,01–1
<i>aldehidek</i>	0,01–1
<i>oxidánsok (ózon is)</i>	0–0,8
<i>kloridok</i>	0–0,3
<i>ammónia</i>	0–0,21

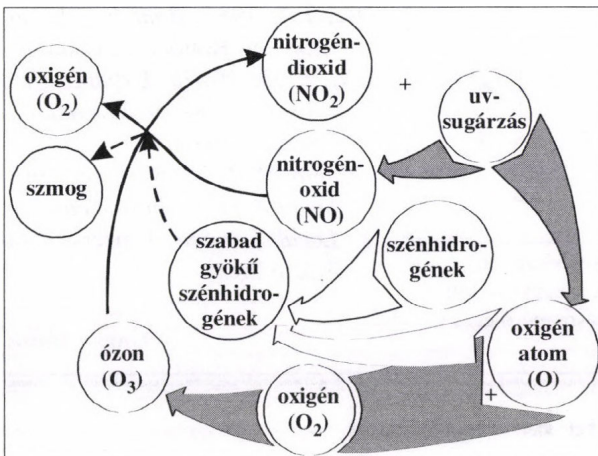
Az utóbbi évtizedekben a városiasodott területeknek olyan újabb káros, de kevésbé szembeötlő szennyezőanyagokkal kell szembenéznük, amelyek a kőolaj-származékok elégetésekor kerülnek a légkörbe. Forrásaik a személyautók, teherautók, repülőgépek és a petrokémiai üzemek. A hegyekkel nagyrészt körülrzárt és hőmérsékleti inverzióknak gyakran kitett területen fekvő *Los Angeles* szokás általában (negatív) példaként emlegetni az ilyen jellegű szennyeződések kapcsán, bár bizonyos szinten minden modern város ki van téve ennek a veszélynek. *Los Angelesben* nagyrészt a közlekedés révén keletkező szénmonoxid mennyisége akkora, hogy a város 1760 km²-es területe feletti 120 m vastagságú légrétegben a koncentráció eléri a 30 ppm-et. Az itt tapasztalható ún. **fotokémiai szmog** bonyolult kémiai reakciók láncolatának végeredményeként jön létre (6. ábra). A napfény ultrabolya sugarai a NO₂-ot NO-ra és O-re bontják le, majd az aktivált atomos oxigén egyesül a kétatomos oxigénmolekulával és ózon (O₃) keletkezik. Az ózon reakcióba lép a mesterségesen létrejött NO-val, ennek révén oxigén és NO₂ jön létre, ami újra visszakerül a fotokémiai ciklusba és így egy visszacsatolási folyamat indul be (folytonos nyílak). Ez az NO₂ ciklus mindazonáltal nem felelős a fotokémiai



5. ábra A légszennyezettség (SO₂ és füst) mértékének és a halálozások számának alakulása *Londonban* (1952. december első fele) (Kratzer, 1956)

szmognál megfigyelt magas O_3 koncentrációért, mert az NO_2 és az O_3 folyamatos keletkezése és lebomlása kiegyenlíti egymást. A felhalmozódó ózont a járművek által kibocsátott szénhidrogének reakciói termelik, ugyanis egyesülésük az atomos oxigénnel szabad gyökkel rendelkező agresszív szénhidrogéneket hoz létre, amelyek az O_3 - NO reakció termékeivel együtt létrehozák a fotokémiai szmogot (szaggyalult nyilak).

A Los Angeles-i medencében a szmog éves szinten a legmagasabb koncentrációval késő nyáron és ősszel jelentkezik, mert ekkor általában tiszta az égbolt, gyenge a szél és az erős napsugárzás hőmérsékleti inverzióval párosul. A szennyezőanyagok koncentrációi jellegzetes napi menetet mutatnak, például az NO_2 kora reggeli magas koncentrációja a felerősödő forgalommal, az O_3 legmagasabb koncentrációja a legerősebb besugárással esik egybe. Ennek a típusú szmognak nemcsak az a hatása, hogy módosítja a városok sugárzási mérlegét, hanem komoly rizikófaktor jelent az emberek egészsége szempontjából is.



6. ábra A fotokémiai szmog keletkezésének vázlata (Oke, 1987)

3.3. Egyéb

Az előzőekben említett szennyezőanyagokon kívül lebegő mikrobák is találhatók a levegőben, melyeknek a számára szintén növelő hatással van a város. Egyes elméletek szerint ez azért van, mert a mikrobák hozzátapadnak a légtérben lévő egyéb részecskékhez. Bécsben például a városközpontban a koncentráció 800 db/m^3 , a külterületeken csak 200 db/m^3 volt az ötvenes években. Eső után – a kimosódás következtében, ami megfigyelhető a por és a kondenzációs magvak esetében is – a koncentráció 40%-kal csökkent. Az alacsonyabb hőmérsékletek hatására is csökkent a mikrobák száma, így évszakos szinten kisebb koncentráció jelentkezett télen és nyáron (az esők miatt), mint tavasszal és ősszel.

Érdekes mutatója a város szennyezettségének az is, hogy mekkora területen képesek még életteret találni a

zuzmók. A belvárosból általában teljesen hiányoznak, ez a jelenség az ún. „zuzmó-sivatag”. Az asszimiláció miatt a zuzmók szervezete bő nedvességet igényel, így magyarázatként eleinte az a nézet alakult ki, hogy kipusztulásuk oka a városok alacsonyabb relatív páratartalmában keresendő. Ezzel ellentétben viszont néhány fajuk nagyon jól bírja a szárazságot, de igen érzékeny a kén-dioxidra és más szennyezőanyagokra. Több városban kimutatták, hogy a település növekedésével párhuzamosan nőtt a zuzmómentes területek nagysága. Pl. Münchenben, amelynek 1890-ben 350 ezer lakosa volt, a „zuzmó-sivatag” területe 8 km^2 volt és 1956-ban, amikor a város 1 millióra nőtt, a zuzmómentes terület már 58 km^2 -t fedett le.

3.4. A légköri szennyeződés eloszlása

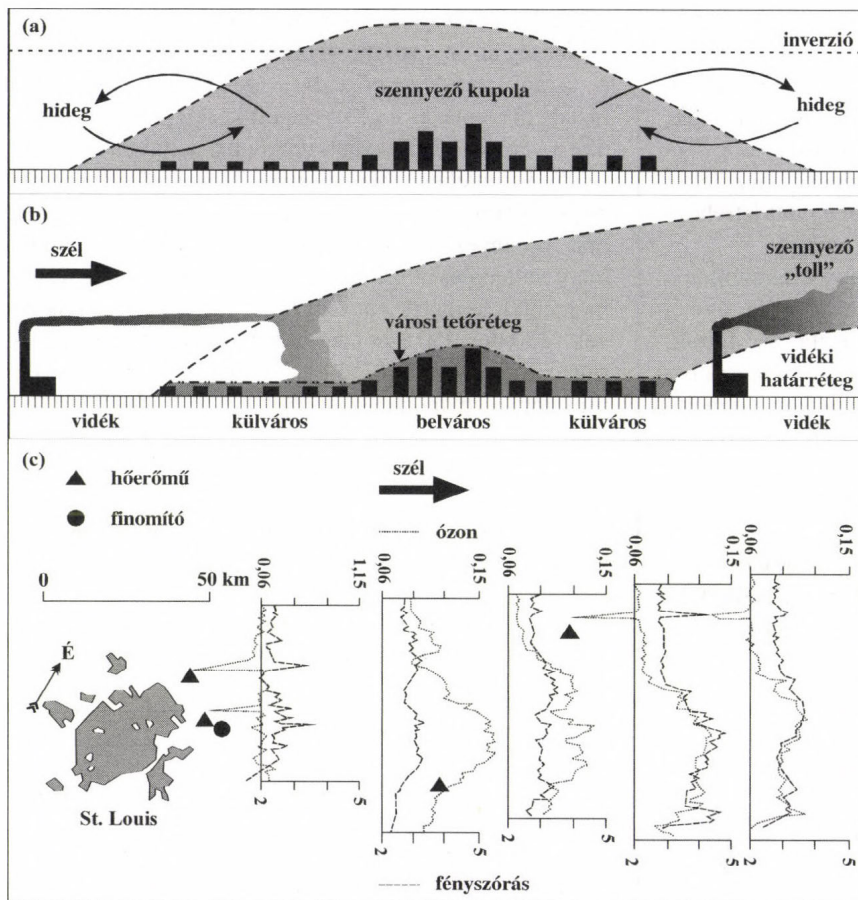
A szél erőssége hatással van a szennyezőanyagok koncentrációjának nagyságára (5. táblázat).

5. táblázat A kén-dioxid koncentrációja a szélerősség függvényében télen (Halle, Németország)

szélsébség (ms^{-1})	0-1,9	2-3,9	4-5,9	6-7,9	8-9,9
közepes koncentráció (ppm)	0,55	0,39	0,30	0,26	0,25

A város feletti szennyezett légtömeg jellegzetes alakot vesz fel, attól függően, hogy milyen a környező légtér függőleges hőmérsékleti eloszlása, van-e hőmérsékleti inverzió, és mekkora a szélsébség. Az inverziós réteg alatt a felgyülemelő szennyezőanyagok keverékéből egy szennyező kupola formálódik (7.a ábra), amely szabályosan csak szélsébses helyzetben alakul ki, egyébként már 2 ms^{-1} sebességű szélnél elmozdul és $3,5 \text{ ms}^{-1}$ esetében a már említett „toll” formát veszi fel (7.b ábra). A kupolának a városi tetőszint feletti része erősen felkeveredik, felhígul a légköri cirkuláció hatására. Kialakulhat olyan helyzet, hogy az inverziós fedőréteg megakadályozza ezt a függőleges irányú felkeveredést, és az eredetileg felszálló szennyezőanyagok emiatt visszajutnak a talajszint közeli légtérbe. A szél irányában tekintve a városon túli területen előfordulhat az is, hogy a város irányából jövő szennyezőanyagok a vidéki (természetes) határréteg fölé kerülnek, amelyeknek így csak felfelé van felhígulási lehetőségük, lefelé nincs. Ennek eredményeképpen bizonyos magasságig kialakul egy viszonylag tiszta légtér a vidéki területek felett (7.b ábra).

A 7.c ábra a St. Louis-tól kiinduló szennyezett „toll” sajátosságait mutatja be a várostól 160 km -es távolságig a szél irányában. Megfigyelhető, hogy a „tollon” belüli reakciók következtében az ózonkoncentráció megnő a várostól távolodva, de a hőerőművek felett lecsökken az ott kibocsátott NO -nak az O_3 lebomlását katalizáló tulajdonsága miatt. Bizonyos feltételek (intenzív szennyezőforrás, állandó nagyléptékű felszíni légáramlás és légköri stabilitás) mellett a „toll” szélirányban akár több száz km -es távolságig is kimutatható.



7. ábra A városi szennyeződés alakzatai: (a) a városi szennyező kupola, (b) a városi szennyező toll stabil légköri rétegződés esetén. (c) A szennyező toll ózontartalma és szórása St. Louis-tól ÉK-re öt pontnál az áramlásra merőleges keresztmetszetekben (Barry and Chorley, 1982).

Köszönetnyilvánítás:

Az ábrákat és térképeket Sümeghy Zoltán (SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék) készítette, akinek ezért a szerző külön köszönetét fejezi ki.

Fontosabb felhasznált irodalom

- Barry, R.G. and Chorley, R.J., 1982: *Atmosphere, Weather and Climate*. Methuen, London-New York, 302-319.
- Kratzer, P.A., 1956: *Das Stadtklima*. F. Vieweg und Sohn, Braunschweig.
- Oke, T.R., 1976: The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands. *Atmosphere* 14, 268-277.
- Oke, T.R., 1987: *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.
- UN, 1993: *World Urbanization Prospects. The 1992 Revisions*. United Nations.
- Yoshino, M.M., 1975: *Climate in a Small Area, an Introduction to Local Climate*. University of Tokyo Press.

Unger János

Globális szélergia konferencia

2002. április 2. és 5. között zajlott le az első szélergia világkonferencia és -kiállítás Párizsban az Európai Szélergia Társaság (EWEA), az Amerikai Szélergia Társaság (AWEA) és az Indiai Szélturbina Gyártók Szövetsége (IWTMA) szervezésében.

A konferencia majdnem ezer regisztrált résztvevője 52 országból érkezett. A szervezők azt az elvet követék, hogy a környezetpolitikai, technológiai, gazdasági, pénzügyi, általános erőforrás kutatási témák, valamint nemzeti és nemzetközi projektek ismertetése az előadásokon hangzott el, míg a szűkebb, speciális területeket érintő témákból poszterek készültek. A kb. 150 poszter 11 szekcióban került bemutatásra.

A Magyar Szélergia Társaságot és a hazai szélergia kutató műhelyeket három poszter képviselte: 1) Radics Kornélia – Bartholy Judit – Pongrácz Rita (ELTE): *A regionális éghajlati tendenciák hatása a szélergia potenciális hasznosítására a Kárpát-medencében*; 2) Tar Károly – Kircsi Andrea (Debreceni Egyetem) – Vágvolgyi Sándor (Nyíregyházi Főiskola):

A szélergia időbeli változása Magyarországon az éghajlatváltozással összefüggésben; 3) Vágvolgyi Sándor (Nyíregyházi Főiskola) – Tar Károly – Kircsi Andrea (Debreceni Egyetem): *A szélergia alkalmazása a kertek öntözésére Magyarországon*.

A kiállítók több mint százan voltak, bemutatva a szélergia hasznosításához nélkülözhetetlen eszközöket és szellemi produktumokat.

A következő európai szélergia konferencia (EWEC 2003) 2003. júniusában lesz Madridban, a *Global Windpower* pedig Chicagóban folytatódik 2004. márciusában. Remélem, hogy ezeken a konferenciákon már nem csak a magyarországi szélergia kutatásával kapcsolatos eredményekről, hanem az addigra várhatóan megszorodó szélturbinák működése során nyert tapasztalatokról is be fognak számolni a magyar résztvevők. Sokunk meggyőződése ugyanis, hogy hazánkban is vannak olyan területek, ahol a szél energiája gazdaságosan kiaknázható.

Dr. Tar Károly

A meteorológiai elemek és a fő légszennyező anyagok koncentrációi közötti kapcsolat egy objektív becslése Szegeden

1. Bevezetés

A meteorológiai viszonyok befolyásolják a légszennyező anyagok koncentrációit. A szélsőséges légszennyezettség terhelést többnyire helyi források idézik elő, melyek hatását a kedvezőtlen nagytérségű meteorológiai viszonyok számottevően felerősíthetik. Ismeretes, hogy az enyhe légmozgásokhoz, illetve szélcsendes időjáráshoz kapcsolódó éjszakai hőmérsékleti inverzió – melynek makroszinoptikus háttere az anticiklonális időjárási helyzet – kedvez a légszennyező anyagok felhalmozódásának.

A tanulmány célja a meteorológiai elemek és a fő légszennyező anyagok közötti kapcsolat elemzése Szeged adatsorai alapján. Következésképp, meg kell határozni azokat a faktorokat, amelyek fontos szerepet játszanak az időjárás és a levegőminőség alakításában Szegeden. Az említett célt a levegőminőségi paraméterek és az időjárási elemek közötti kapcsolatok elemzésével érhetjük el. Ennek egyik módja a faktoranalízis, amit a jelen cikkben is alkalmaztunk. A faktoranalízist mind a nyári, mind a téli hónapok adataira végrehajtottuk. Azért a két szélső évszakot vizsgáltuk, mivel ekkor a vizsgált változók eltérő folyamatok hatása alatt állnak.

2. Szeged éghajlati jellemzői, különös tekintettel a levegőminőségre

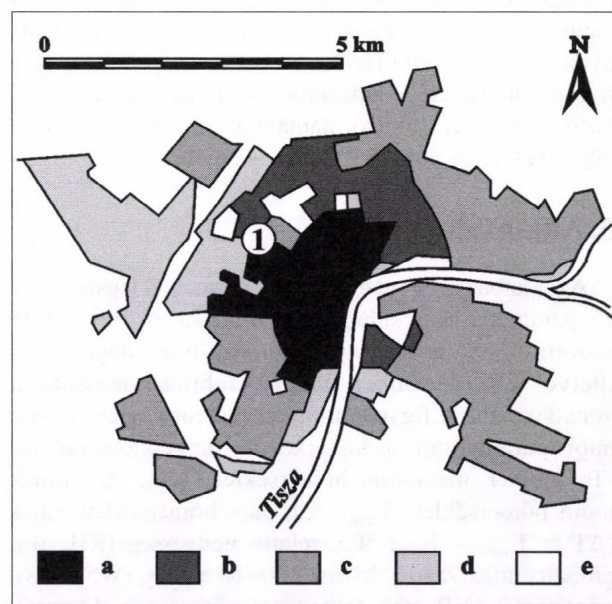
Szeged (20°06'K; 46°15'É) a Tisza és a Maros torkolatánál fekszik. Délkelet-Magyarország legnagyobb városa, mely az Alföld déli részén, $h = 79$ m tszf. magasságban található (1. ábra). Lakossága kb. 155.000 fő, a beépített terület kiterjedése 46 km². Az évi középhőmérséklet 11,2°C, míg a januári, illetve a júliusi középhőmérsékletek -1,2°C, illetve 22,4°C. Ami néhány meteorológiai elem évi jellemzőit illeti, a csapadékösszeg 573 mm, a relatív nedvesség 71%, a szélesség 3,2 m s⁻¹, míg a napfénytartam 2102 óra.

A városszerkezet körutas-sugarutas – tehát viszonylag egyszerű, melyet a Tisza szel ketté. A városszerkezetből adódóan a gépjárműforgalom – következésképp a légszennyezettség is – a városközpontban koncentrálódik. Az ipari területek elsősorban a város északnyugati részén találhatók. Ily módon az uralkodó nyugatias-északnyugatias szelek erről a területről származó szennyezett levegőt szállítanak a városközpont fölé.

Szeged közigazgatási területe jóval meghaladja a beépített területekét. A várostól északra található algyői olajmező a nitrogén-oxidok és kénvegyületek számot-

tevő forrása. A belvárosban egyre növekvő gépjárműforgalomnak jelentős az NO_x- és CO emissziója, illetve a közlekedés révén a már kiülepedett por újból a levegőbe kerül.

Magyarország medence helyzete a Kárpátok koszorújában, s az a tény, hogy Szeged és környezete nyitott, s a város tengerszint fölötti magassága a legalacsonyabb az országban, felerősíti az anticiklonális képződmények hatásait a légszennyező anyagok felhalmozására.



1. ábra. Szeged beépítettségi típusai

[a: belváros (2–4-emeletes épületek); b: lakótelepek előre-gyártott betonelemekből (5–10-emeletes épületek); c: különálló épületek (1–2-emeletes épületek); d: ipari területek; e: zöldterületek; (1): automata levegőminőségi állomás]

A medence hatás természetesen nagyon eltérően jelentkezhet az egyes évszakokban és időjárási helyzetekben. A legkedvezőbb feltételeket a szélső évszakokban, s az anticiklon-, valamint az anticiklon peremhelyzetekben találjuk a légszennyező anyagok feldúsulására. Teljesebb és árnyaltabb képet pl. az ún. makroszinoptikus típusok (Péczy, 1957, 1983) alapján kaphatunk, amelyeknek részletes szinoptikus klimatológiai leírása is fellelhető (Péczy, 1961).

Télen általában két fő cirkulációs típus figyelhető meg a Kárpát-medence fölött. Az egyik esetben ciklonok haladnak át a Kárpát-medencén. Ilyenkor erős nyugatias szelek tapasztalhatók, borult az ég és esik. A másik esetben a szibériai magas nyomású képződmény telepszik rá a medencére, melynek a következménye derült idő, esetleg gyenge légáramlásokkal. Ha ez az

időjárás egy hétig, esetleg tovább fennmarad, akkor az abszolút nedvesség és a hőmérséklet igen alacsony értékekre süllyedhet. E makrocirkulációs képződmény élettartamának a vége felé a napi minimum hőmérséklet gyakran -10°C alá süllyedhet. Fennállásakor erős éjszakai hőmérsékleti inverziók képződnek, melyek gyakran még délig is fennmaradhatnak.

A nyár folyamán – a téli esethez hasonlóan – zömmel két főbb légnyomási rendszer uralkodik a Kárpát-medence fölött. A nyugati irányítású ciklonális képződmények magas nedvességtartalmú légtömegeket szállítanak fölé. Ez esetben általában erős szelek fújnak és esős az időjárás. A másik esetben szubtrópusi légtömegek érkeznek a Kárpát-medence fölé, melyek több napon át itt maradhatnak. Ekkor a légnyomási gradiens gyenge, lokális cirkulációs rendszerek képződhetnek, a relatív nedvesség alacsony, s a képződmény itt tartózkodásának utolsó napjaiban a napi maximum hőmérséklet gyakran 35°C fölé is emelkedhet.

3. Adatbázis

Az adatbázis 11 meteorológiai elem és 8 légszennyező paraméter napi átlagait tartalmazza az 1997–2001 közötti ötéves időszak nyári (június, július, augusztus), illetve téli (december, január, február) hónapjaira vonatkozóan. A figyelembe vett meteorológiai elemek napi paraméterei a következők: középhőmérséklet (T_{mean} , $^{\circ}\text{C}$), maximum hőmérséklet (T_{max} , $^{\circ}\text{C}$), minimum hőmérséklet (T_{min} , $^{\circ}\text{C}$), napi hőmérsékleti ingás ($\Delta T = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$, $^{\circ}\text{C}$), relatív nedvesség (RH, %), globális sugárzás (I, MJ/m^2), szélsősebesség (WS, m/s), gőznyomás (VP, mb), telítettségi gőznyomás (E, mm), potenciális evapotranszspiráció (PE, mm) és harmatpont hőmérséklet (T_d , $^{\circ}\text{C}$). A figyelembe vett légszennyező paraméterek egyrészt napi átlagos koncentrációk [szén-monoxid (CO , mg m^{-3}), nitrogén-monoxid (NO , $\mu\text{g m}^{-3}$), nitrogén-dioxid (NO_2 , $\mu\text{g m}^{-3}$), részecskék (PM, $\mu\text{g m}^{-3}$), kén-dioxid (SO_2 , $\mu\text{g m}^{-3}$), ózon (O_3 , $\mu\text{g m}^{-3}$)], másrészt a napi maximális ózonkoncentráció ($\text{O}_{3\text{max}}$, $\mu\text{g m}^{-3}$), illetve az NO_2/NO arány.

Az adatok a monitoring állomásról származnak, mely a belvárosban – egy forgalmas útkereszteződésben – található (1. ábra), s az ATIKÖFE [Alsó Tisza Vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség] működteti.

4. Módszer

Abból a célból, hogy együttesen fel tudjuk tárni a vizsgált 19 változó közötti kapcsolatokat, a faktoranalízis többváltozós statisztikai módszerét alkalmazzuk.

A faktoranalízis fő célja, hogy a kiindulási p darab $X_1, X_2, \dots, X_p$ változót kevesebb, m darab ($m < p$) lineárisan független index, az ún. faktorok segítségével

fejezhessük ki úgy, hogy ezzel megőrizzük az eredeti információ lényegét. A megtartásra érdemes faktorok száma (m) jelenti a kiindulási változók érdemi sokféleségét, lineáris „dimenzióját”. Minden X_i változóról ugyanannyi, n darab megfigyelés, realizáció áll rendelkezésre, s a faktoranalízis elvégezhetőségének alapfeltétele, hogy a realizációk száma magasabb legyen, mint a kiindulási változók p száma ($n > p$).

Minden egyes X_i változó, mint n komponensű vektor, közelítően kifejezhető az m faktorok lineáris függvényeként, azaz:

$$X_i = \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} F_j \quad (1)$$

ahol az F_j -k az ún. faktorok (más néven sajátvektorok, szintén n számú komponenssel) és az α_{ij} együtthatók a faktorsúlyok (sajátvektor együtthatók – rögzített i és j esetén egyetlen szám). Az α_{ij} négyzete reprezentálja az X_i varianciájának (szórásnégyzetének) az F_j faktor által megmagyarázott részét. Mind az X_i kiindulási változókat, mind a kapott F_j faktorokat érdemes standardizálni, hogy ily módon középértékük 0, szórásuk 1 legyen. Ennek az eljárásnak egyik célja az, hogy az elemzés előtt mindegyik változónak egyforma súlya legyen, szemben a kiindulási változókkal, melyek varianciája szélsőségesen eltérhet egymástól. A másik érv a standardizálás mellett az, hogy a vizsgált változóknak eltérő lehet a mértékegységük. Ezzel az eljárással mindegyik változó mértékegységét kiküszöböljük. A fentiek alapján nyilvánvaló, hogy $\alpha_{ij} \leq 1$. Ha valamely α_{ij} faktorsúly abszolút értéke közel esik az 1-hez, ez azt jelenti, hogy az X_i változó szorosan korrelál az F_j faktorial. Márpedig, a magas korreláció arra utal, hogy az ilyen X_i és F_j vektorok l -edik összetevőinek a saját átlaguktól (standardizálás után a 0-tól) való eltérései jó közelítéssel kifejezhetők egymás lineáris függvényeként ($l = 1, 2, \dots, n$). A változók közötti kovariabilitás ismerete nagyon fontos eszköz, mivel abból szignifikáns következtetéseket vonhatunk le a kiindulási változók közötti változás és/vagy kapcsolatok eseteire vonatkozóan (Bartzokas, A. and Metaxas, D.A., 1993, 1995; Sindosi, et al., 2001).

A módszer egyik fontos lépése a megtartott faktorok (m) számának meghatározása. Erre a célra számos kritérium ismeretes. A dolgozatban a *Guttman kritériumot* vagy az *1. szabályt* használjuk, mely szerint csupán azokat a faktorokat tartjuk meg, melyek sajátértékére (λ_k) teljesül, hogy $\lambda_k > 1$. Továbbá mellőzzük azokat, amelyek nem magyarázzák meg legalább egy standardizált X_i változó varianciáját. Ahhoz, hogy kiválaszthassuk a legjobb vagy a legmegfelelőbb faktorokat (tengeleket), a faktorok ún. „rotációját”, azaz forgatását kell alkalmaznunk. Ez az eljárás maximálja vagy minimalizálja a faktorsúlyokat (azaz a legtöbb faktorsúlyt a 0 felé, a többi 1 felé transzformálja) a rotált faktorok

könnyebb interpretálhatósága érdekében. A faktoranalízis alkalmazásakor az ortogonális varimax rotációt alkalmaztuk, melynek végrehajtásakor a faktorok korrelálatlanok maradnak (Jolliffe, I.T., 1990; 1993).

A statisztikai számításokat az SPSS (9.0 verziójú) programcsomaggal hajtottuk végre.

5. Eredmények

5.1. Téli hónapok

A rotált komponens mátrix faktorsúlyait a téli hónapokban az 1. táblázat tartalmazza. A faktoranalízis végrehajtása után a Guttman kritérium szerint 4 faktort tartottunk meg. A megtartott és rotált komponensek sajátértékei, valamint az egyes komponensek által megmagyarázott varianciák és kumulatív varianciák szintén megtalálhatók az 1. táblázatban. A 4 megtartott faktor a kiindulási 19 változó teljes varianciájának 72,9%-át megmagyarázza.

Az (1) formulának megfelelő, rotálás nélküli faktorok statisztikus magyarázó képessége meredekebben csökken. A rotálás egyenletesebben osztja el a megtartott faktorok között az eredeti variancia azon hányadát (esetünkben a 72,9%-ot), ami a rotálás előtti 4 megtartott faktort is jellemezte. Mértanilag szemlélítve, a rotálás úgy forgatja el a megtartott faktorokat, hogy a tényleges pontok (a realizációk) minél inkább valamelyik tengely közelébe jussanak.

Amikor a standardizált adatokon végrehajtjuk a faktoranalízist, a kapott faktorsúlyok a kiindulási változó és a rotációt követően az elforgatott tengelyekhez tartozó – neki megfelelő – koordináta értékek (azaz faktorértékek) közötti korrelációs együtthatók. Valamely faktorsúly – mint korrelációs együttható – statisztikai szignifikanciája az alábbi formulával számítható ki (Korn, G. A. and Korn, Th. M., 1975):

$$t = \sqrt{\frac{r^2(n-2)}{1-r^2}} \quad (2)$$

ahol r az adott faktorsúly, n az elempárok száma [$n=451$ a téli hónapok (december, január, február) esetében és $n=460$ a nyári hónapok (június, július, augusztus) esetében], $n-2$ a szabadsági fokok száma és t a meghatározandó paraméter, mely Student-féle t -eloszlást követ. Ha t abszolút értéke [$n-2=449$ (téli hónapok) és $n-2=458$ (nyári hónapok) szabadsági fokok és 5%-os valószínűségi szint esetén] nagyobb, mint a Student-féle t -eloszlás küszöbértéke ($t_{\text{küszöb}} = 9 \cdot 10^{-5}$), akkor azt mondjuk, hogy a 0-hipotézis – amely szerint az eredeti változó és a neki megfelelő faktorértékek idősorai függetlenek – nem teljesül. Következésképp, ha a faktorsúlyok értéke nagyobb mint $9 \cdot 10^{-5}$, akkor azt az *a priori* feltevést, miszerint a két idősor független, az 5%-os valószínűségi szinten elvetjük. Az 1. táblázatban

– az egyszerűbb áttekinthetőség végett – csak a 10,31-at meghaladó faktorsúlyokat tüntetjük föl.

A továbbiakban a vizsgált 19 változó kapcsolatát elemezzük a megtartott és rotált faktorok súlyai szerint (1. táblázat).

1. faktor: Az 1. rotált faktor a teljes variancia 30,5%-át megmagyarázza, s a napi középhőmérsékletet, a harmatpont hőmérsékletet, a gőznyomást, a telítettségi gőznyomást, a napi minimum- és maximum hőmérsékleteket, a szélsőbességet és a potenciális párolgást foglalja magába. Látható, hogy a hőmérsékleti paraméterek (T_{mean} , T_{min} , T_{max}) nincsenek szoros kapcsolatban a besugárzással télen, hiszen különböző faktorokhoz tartoznak. (Az év ezen szakában a besugárzás a harmadik faktortól függ.) Ez az eredmény is alátámasztja, hogy a téli léghőmérséklet elsősorban nem a besugárzástól, hanem a Kárpát-medence fölötti légtömegek hőmérsékleti jellemzőitől függ.

1. táblázat. A rotált komponens mátrix faktorsúlyai, téli hónapok. A 10,31-nél kisebb faktorsúlyok nincsenek feltüntetve.

paraméterek	1. faktor	2. faktor	3. faktor	4. faktor
középhőmérséklet (T_{mean})	0,97			
harmatpont (T_d)	0,96			
gőznyomás (VP)	0,96			
telítettségi gőznyomás (E)	0,95			
minimum hőmérséklet (T_{min})	0,84			
maximum hőmérséklet (T_{max})	0,83		0,37	
szélsőbesség (WS)	0,50	-0,41		
NO ₂		0,84		
CO		0,82		
TSP		0,79		
NO		0,76		
NO ₂ /NO		-0,42		(0,25)
SO ₂		0,36		
relatív nedvesség (RH)			-0,91	
globális sugárzás (I)			0,74	
potenciális párolgás (PE)	0,57		0,74	
napi hőmérsékleti ingás (ΔT)		0,37	0,56	
O ₃				0,90
O _{3max}				0,90
sajátérték*	5,80	3,30	2,74	2,00
megmagyarázott variancia, %	30,52	17,36	14,43	10,54
kumulatív variancia, %	30,52	47,88	62,31	72,85

módszer: főkomponens analízis

rotáció: varimax módszer, Kaiser-féle normalizálás

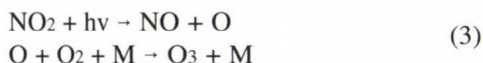
*a négyzetes súlyok rotált összege

Ha a léghőmérséklet nő, a levegő nagyobb mennyiségű vizgőzt képes befogadni. Ha a gőznyomás emelkedik, akkor kisebb mértékben kell változatlan légnyomás mellett lehűteni a levegőt ahhoz, hogy telítetté váljon. Ha a levegőt ily módon lehűtjük, a telítettség állapotában felvett hőmérséklete a harmatpont hőmérséklet. A gőznyomás emelkedésekor a harmatpont is emelkedik, s viszont. A hőmérséklet és a telítési gőznyomás közötti kapcsolat exponenciális. Ha a léghőmérséklet emelkedik, a minimum-, illetve a maximum hőmérséklet is – bár nem szükségszerűen, de általában – növekszik. A szélsőbesség és a légnedvesség

gi paraméterek [harmatpont (T_d), gőznyomás (VP), potenciális párolgás (PE)] között általában egyenes arányosság tapasztalható (kivéve pl. erős széllel érkező száraz, hideg, sarkvidéki eredetű légbetörés). A nagyobb szélsébség növeli a potenciális párolgást (PE) és – ily módon – a gőznyomást (VP), következésképp a harmatpont hőmérséklet (T_d) is magasabb lesz.

2. faktor. A 2. faktor a teljes variancia 17,4%-át magyarázza meg, s a szélsébséget, az elsődleges légszennyező anyagokat (NO_2 , CO, TSP, NO, NO_2/NO és SO_2), valamint a napi hőmérsékleti ingást tartalmazza. A szélsébség és az elsődleges légszennyező anyagok közötti ellentétes kapcsolat nyilvánvaló. Azaz a légszennyező anyagok magas koncentrációi szélszáraz időben, illetve enyhe légmozgások alkalmával figyelhetők meg, s viszont (Horváth, et al., 2001.).

Az NO_2/NO arány a 2. faktor egy másik komponense. Az NO_x koncentráció általában úgy növekszik, hogy az NO koncentrációja nagyobb mértékben emelkedik, mint az NO_2 -é. Következésképp, az NO magas koncentrációihoz az NO_2/NO arány alacsony értékei társulnak, s viszont. Az O_3 alacsony (10,31 alatti) súlya a 2. faktorban annak köszönhető, hogy az ózon – mint másodlagos légszennyező anyag – varianciájának egy részét az elsődleges légszennyező anyagok koncentrációi, másik részét pedig a besugárzás szabályozza. A napsugárzás szerepe jól ismert a fotokémiai ózontermelésben, s ez a következő kémiai egyenletekkel fejezhető ki:



Ahol M általában egy O_2 vagy N_2 molekula. A napsugárzás intenzitása napról napra számottevően változhat, s ez a változás is visszatükröződik az ózonkoncentráció változékonyságában (Sindosi, et al., 2001).

A napi hőmérséklet ingásnak (ΔT) is jelentős súlya van a 2. faktorban. Ennek valószínű oka a szélsébség jelenléte ebben a faktorban. Erős szelek alkalmával a légkör alsó rétegei jól átkeverednek, s ennél fogva a napi hőmérséklet-változás csekély lesz. Következésképp, a napi minimum- és maximum hőmérsékletek közötti eltérés a minimumára csökken. Ez az oka annak, hogy a szélsébség és a napi hőmérsékleti ingás között ellentétes a kapcsolat.

3. faktor. A 3. faktor a teljes variancia 14,4%-át magyarázza, s a maximum hőmérsékletet, a relatív nedvességet, a besugárzást, a potenciális párolgást és a napi hőmérsékleti ingást tartalmazza. Az intenzív napsugárzás hatására emelkedik a hőmérséklet, ami ösztönzi a párolgást. (A párolgás erősödése nem feltétlenül jelent alacsony aktuális nedvességtartalmat.) Adott nedvességtartalom mellett a hőmérséklet növekedésével csökken a relatív nedvesség. Végül soron emiatt nő a párolgás intenzitása. Ha erős a napsugárzás, emelkedik

a maximum hőmérséklet, csakúgy, mint a hőmérséklet napi ingása, s viszont.

4. faktor. Ez a faktor a teljes variancia 10,5%-át magyarázza, s mindössze a napi átlagos ózonkoncentrációt, illetve a napi maximális ózonkoncentrációt tartalmazza – mindkettőt igen magas súlyokkal (0,90). A 4. faktorban a második legmagasabb súllyal az NO_2/NO arány (zárójelben) rendelkezik. Ez a súly azt jelzi, hogy az O_3 varianciájának csupán egy részét szabályozza a napsugárzás. Az NO_2/NO arány és az ózon paraméterek közötti egyenes arányosság következményeként a magas NO_2 koncentráció egyúttal magas ózonkoncentrációt jelent és viszont [lásd: (3) egyenlet és 1. táblázat].

5.2. Nyári hónapok

A nyári hónapok vizsgálatával kapcsolatos eredmények a 2. táblázatban találhatók. Négy faktort tartottunk meg és rotáltunk, melyek a 19 változó teljes varianciájának 70,1%-át magyarázzák.

1. faktor. Az 1. faktor – mely a teljes variancia 28,5%-át magyarázza – a nedvességi (VP, T_d , E, PE) és a hőmérsékleti (T_{mean} , T_{min} , T_{max}) paramétereken kívül a TSP és a CO koncentrációit is tartalmazza. A nyári és a téli hónapok 1. faktorait alkotó paraméterekben nagy a hasonlóság.

2. faktor. Ez a faktor a teljes variancia 17,4%-át magyarázza, s a hőmérsékleti (T_{mean} , T_{max} , ΔT) és a nedvességi (E, RH, PE) változókat, valamint a besugárzást tartalmazza. Nyáron a hőmérsékletet – a téli helyzettel ellentétben – a besugárzás szabályozza. Ez abból adódik, hogy a hőmérsékleti paraméterek általában arányosak a besugárzással. (Ellenpélda: pl. olyan hidegfront átvonulása, ahol a felszakadozó felhőzet következtében nő a besugárzás intenzitása, miközben a levegő hőmérséklete a hideg advekciónak miatt még csökken.) Ugyanakkor, ha a hőmérséklet emelkedik, a telítettségi gőznyomás és a potenciális párolgás növekszik, míg a relatív nedvesség – adott nedvességtartalom mellett – csökken.

3. faktor. A 3. faktor – mely a teljes variancia 14,8%-át magyarázza – az elsődleges légszennyező anyagokat (TSP, NO, NO_2 , CO, NO_2/NO) és a szélsébséget foglalja magába. Az elsődleges légszennyező anyagok koncentrációja – a téli hónapokra kapott elemzések eredményeivel összhangban – közvetlenül függ a szélsébségtől. Az erős szelek jó átszellőzést biztosítanak, melynek eredményeként lecsökken az elsődleges légszennyező anyagok koncentrációja. Ezzel szemben az enyhe légmozgások (illetve a teljes szélszáraz) nem kedveznek a turbulens diffúziós folyamatoknak, továbbá hozzájárulnak az éjszakai hőmérsékleti inverziók kialakulásához. Ez utóbbiak alkalmával erőteljesen megnövekszik a légszennyezettség (Sindosi et al., 2001).

2. táblázat. A rotált komponens mátrix faktorsúlyai, nyári hónapok. A 10,31-nél kisebb faktorsúlyok nincsenek feltüntetve.

paraméterek	1. faktor	2. faktor	3. faktor	4. faktor
gőznyomás (VP)	0,94			
harmatpont hőmérséklet (T_d)	0,94			
középhőmérséklet (T_{mean})	0,87	0,42		
telítettségi gőznyomás (E)	0,86	0,44		
minimum hőmérséklet (T_{min})	0,81			
maximum hőmérséklet (T_{max})	0,74	0,48		
TSP	0,57		0,45	
relatív nedvesség (RH)		-0,90		
potenciális párolgás (PE)	0,52	0,76		
globális sugárzás (I)		0,72		
napi hőmérsékleti ingás (ΔT)		0,64		
NO			0,86	
NO ₂			0,85	(0,23)
CO	0,48		0,66	
szélsebesség (WS)			-0,54	
NO ₂ /NO			-0,38	(0,26)
SO ₂				
O ₃				0,92
O _{3max}				0,91
sajátérték*	5,42	3,12	2,82	1,96
megmagyarázott variancia, %	28,55	16,40	14,85	10,32
kumulatív variancia, %	28,55	44,95	59,79	70,11

módszer: főkomponens analízis

rotáció: varimax módszer, Kaiser-féle normalizálás

*a négyzetes súlyok rotált összege

4. faktor. Ez a faktor a teljes variancia 10,3%-át magyarázza, s mindössze az ózon paramétereket (O₃, O_{3max}) tartalmazza. A 4. faktorban az NO₂/NO arány és az NO₂ rendelkeznek az ózon paraméterekét követő legnagyobb faktorsúlyokkal (2. táblázat). Jóllehet ezek a súlyok meglehetősen alacsonyak, mégis e paramétereknek az O₃ és O_{3max} paraméterekkel való kapcsolatára utalnak. Nyáron, az anticiklonális időjárási helyzetek tartós fennállásakor, az ózonkoncentráció változásait alapvetően az elsődleges légszennyező anyagok szabályozzák és nem a besugárzás teljes mennyisége, mely ez esetben csupán nagyon kicsit változik egyik napról a másikra. Ezenkívül e másodlagos légszennyező anyag napi középértéke fordítottan arányos az elsődleges légszennyezők napi középértékeivel. Az ózonnak ezen viselkedése azzal magyarázható, hogy az O₃ az NO₂/NO aránytól függ. Nevezetesen, ezen arány magas értékei egyúttal magas ózonkoncentrációt jelentenek, mivel a (3) egyenlet teljesül (2. táblázat).

6. Összegzés

A kapott eredmények alapján mind a nyári, mind a téli hónapokban négy faktort vehetünk figyelembe, melyek lényegesen hozzájárulnak az időjárási és légszennyezettségi epizódok alakításában Szegeden. A szélsebesség fontos paraméter mindkét szélső évszakban a légszennyezettség felhígulásában. Az erős szelek jó átszellőzést biztosítanak. Következésképp, mérséklük a légszennyező anyagok koncentrációit, s viszont. Az O₃ koncentrációk fordítottan arányosak az elsődleges

légszennyező anyagok koncentrációival. Lényegében csak az ózon paraméterek faktorsúlyai képezik a 4. faktort mindkét szélső évszakban.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak *Aristides Bartzokas*nak értékes tanácsaiért és *Süsmeghy Zoltán*nak az 1. ábra digitális térképezéséért.

Horváth Szilvia és Makra László
Szegedi Tudományegyetem
Kósa Emőke
Babes-Bolyai Egyetem, Kolozsvár
Motika Gábor
ATIKÖFE Szeged

Hivatkozások

- Bartzokas, A. és Metaxas, D.A., 1993:* Covariability and climatic changes of the lower troposphere temperatures over the Northern Hemisphere. *Il Nuovo Cimento* **16C**, 359-373.
- Bartzokas, A. és Metaxas, D.A., 1995:* Factor Analysis of Some Climatological Elements in Athens, 1931-1992: Covariability and Climatic Change. *Theoretical and Applied Climatology*, **52**, 195-205.
- Horváth, Sz., Makra, L., Zempléni, A., Motika, G. és Süsmeghy, Z., 2001:* The Role of Traffic in Modifying Air Quality in a Medium-Sized City. *The Third International Conference on Urban Air Quality and Fifth Saturn Workshop. Measurement, Modelling and Management. 19-23 March 2001, Loutraki, Greece. Institute of Physics, Extended Abstracts CD-ROM, Canopus Publishing Limited*
- Jolliffe, I.T., 1990:* Principal component analysis: A beginner's guide – I. Introduction and application. *Weather*, **45**, 375-382.
- Jolliffe, I.T., 1993:* Principal component analysis: A beginner's guide – II. Pitfalls, myths and extensions. *Weather*, **48**, 246-253.
- Korn, G. A. and Korn, Th. M., 1975:* Matematikai kézikönyv műszakiaknak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest; 995 o, 626. o.
- Péczely, G., 1957:* Grosswetterlagen in Ungarn. *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalten für Meteorologie*, Budapest
- Péczely, G., 1961:* Magyarország makroszintoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése. *Az Országos Meteorológiai Intézet Kisebb Kiadványai*, Budapest, **32**, 131 p.
- Péczely, G., 1983:* Magyarország makroszintoptikus helyzeteinek katalógusa (1881-1983). *Országos Meteorológiai Intézet Kisebb Kiadványai*, Budapest, **53**, 116 p.
- Sindosi, O.A., Katsoulis, B.D. és Bartzokas, A., 2001:* An objective assessment of the relation between meteorological parameters and the main air pollutants in Athens on a daily basis. *7th International Conference on Environmental Science and Technology, Ermoupolis, Syros Island, Greece, 2001 September*

A STANDARD METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS ADATAINAK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGE MIKROMETEOROLÓGIAI SZIMULÁCIÓS MODELL INPUTJAKÉNT

Összefoglalás

A keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomás területén évek óta végzünk kukoricaállományban mikroklíma vizsgálatokat. A méréseinket Goudriaan mikroklíma modelljének Chen (1984) módosította változatával végzett szimulációk egészítik ki. Az általunk használt mikroklíma modell igényel referenciaszinten mért input meteorológiai adatokat. Mivel ezek előállítása nem minden kísérleti területen egyszerű, vizsgálatunk célját a standard meteorológiai állomáson mért adatok állományok feletti, referencia szintre történő adaptálási lehetősége képezte.

1. Az alkalmazott modell röviden

A keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson évek óta folynak mikroklíma szimulációs kísérletek kukoricán, melyben Goudriaan (1977) szimulációs modelljének Chen (1984) által számítástechnikailag egyszerűsített változatát használjuk. A modell alapját a sugárzási energia állománybeli sorsának követése adja, melynek egy része visszaverődik az állományról, egy részét átérteszti az adott réteg (Monsi és Saeki 1953), s a harmadik részét elnyelik a növények. Az állományok által elnyelt sugárzási energia szenzibilis- (H) és látens hővé (λE) alakul, valamint a fotoszintézisben hasznosul. A növények és a levegő hőátvezetését, tekintettel azok mértékére, a modell elhanyagolja, kivéve a talaj rétegeit, ahol ugyanezt a talaj jelentős hőátvezető képessége miatt nem lehet megtenni (Chen 1984).

A növényállományok felépítése nem homogén, ezért az állomány által felvett energia további sorsának meghatározásához a növénymagasságot rétegekre kell bontani, mégpedig annyi rétegre, amelyekben az adott tulajdonság már homogénnek tekinthető. A rétegek számát az állomány sajátosságai, a megfigyelés célja, valamint a vizsgálni kívánt elem egyaránt befolyásolják (Goudriaan 1977). Az állomány i -edik rétegében a szenzibilis hőáram*:

$$H_i = \rho c_p \frac{T_{ci} - T_{ai}}{r_{ahi}} \quad (1)$$

ahol T_{ci} - T_{ai} : növény- és léghőmérsékleti differencia ($^{\circ}\text{C}$),
 r_{ahi} : hőre vonatkozó aerodinamikai ellenállás (s m^{-1}),

ρ : a levegő sűrűsége (kg m^{-3}),

c_p : a levegő állandó nyomáson vett fajhője ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$).

A látens hőáram* ugyanebben a rétegben:

$$\lambda E_i = \rho c_{p_i} \{q^* (T_{ci} - q)\} / [\gamma (r_{awi} + r_{ci})] \quad (2)$$

ahol $q^*(T_{ci})$ - q : adott levélhőmérsékletéhez tartozó telítési- és a tényleges vízgőz koncentráció különbsége (hPa),

r_{ci} és r_{awi} : az állományra és a vízre vonatkozó aerodinamikai ellenállás (s m^{-1}),

γ : pszichrometrikus konstans [hPa K^{-1}],

λ : a víz halmazállapot változásához szükséges energia [J g^{-1}].

Az egyenletekben ellenállás jellegű mennyiségek (r) is szerepelnek, melyek minden esetben a tulajdonságátvitel korlátozó tényezőiként foghatók fel (Hunkár 1990). Az egyes rétegek energia nyereségét ill. veszteségét a belépő és a kilépő energiaáramok különbsége adja.

A CSM modell bemenő paraméterei négy nagyobb kategóriába sorolhatók (Páll et al. 1998):

- a tér- és időbeliséget meghatározó adatok (rétegek száma a talajban és állományban, numerikus kalendárium szerinti nap sorszáma, stb.),
- meteorológiai adatok (referencia szintre meghatározott léghőmérséklet, sugárzás, párányomás, szélesebbség),
- növényállományra vonatkozó függvények és paraméterek (magasság, levélméret, vízpotenciál, CO_2 koncentráció, stb.),
- talajra vonatkozó jellemzők (hővezető képesség, hőfluxus, stb.).

A modell bemenő meteorológiai elemeit az állomány fölötti referencia szintben elhelyezett adatgyűjtő rögzíti. Egy komplett automata meteorológiai állomás beszerzése és fenntartása nem olcsó, ezért mindenki számára, aki modellezni szeretne, nem biztos, hogy elérhető. A meteorológiai adatok modell típustól függetlenül input paramétert jelentenek nemcsak a mikroklíma szimulációk futtatásához, hanem szinte minden produktív modellhez is. Mivel a pontos meteorológiai adatok beszerzése nem minden kísérleti területen egyszerű, vizsgálatunk célját a standard meteorológiai állomáson mért adatok állományok feletti, referencia szintre történő adaptálási lehetősége képezte. Felhívjuk a figyelmet, hogy az eljárás csak az állomáshoz kellően közeli növény állományok esetében alkalmazható, mivel a horizontális advekciónak hatását nem veszi figyelembe.

2. A vizsgálat anyaga és módszerei

A standard megfigyeléseknek megfelelően illetve kukorica állomány felett referenciaszinten mért lég-hőmérséklet és légnedvesség adatok összehasonlító vizsgálatát Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutató-állomás területén végeztük 2002 tenyészidőszakának közepén, teljes magasságot elért kukorica állomány-nál, július-augusztus hónapokban. A mintegy fél hektáros kukoricatábla sorközében, az állomány felett 100 cm-es magasságban radiációs ernyőben elhelyezett QLC-50 típusú automata klímaállomáshoz kapcsolt HMP 35-ös kombinált (nedvesség és hőmérséklet) szenzorokat helyeztünk el, amelyek az állomány feletti mikroklíma elemeit a talaj felszínétől 3 m-re, 20 s-es intervallumban folyamatosan rögzítették. Standard körülmények között az Országos Meteorológiai Szolgálat hálózatának részét képező keszthelyi állomás jellemző elemeit szintén QLC-50 típusú automatával gyűjtöttük. A meteorológiai elemek összehasonlítását a 10 perces átlagokkal, ill órátlagokkal végeztük. A mérési periódus megkezdése előtti néhány napon a két különböző meteorológiai állomás méréseit összehasonlítottuk, s köztük lényeges eltérést nem tapasztaltunk, ezért külön kalibrációra szükség nem mutatkozott.

Az alkalmazott kukorica hibrid a rövid tenyészidejű *Gazda* volt. Vetésére április 29-én került sor 70 ezer tő/ha sűrűséggel. A növények tápanyag ellátását és ápolását a Veszprémi Egyetem keszthelyi Georgikon Karának szakemberei irányították a helyben szokásos technológiát követve.

A levélfelületet hetente 10-10 mintanövényen levélemelelenként mértük, LI-COR 3000A típusú automatikus planiméterrel.

A standard illetve referenciaszinten mért mikroklíma elemek összehasonlítására egy speciális szórás jellegű mennyiséget az RMSD-t használtuk, mely a standard (S) és állomány felett referenciaszinten mért (R) értékekkel az alábbi egyenletből számolható (Willmott 1982):

$$RMSD = \left[\sum (R - S)^2 / n \right]^{0,5} \quad (3)$$

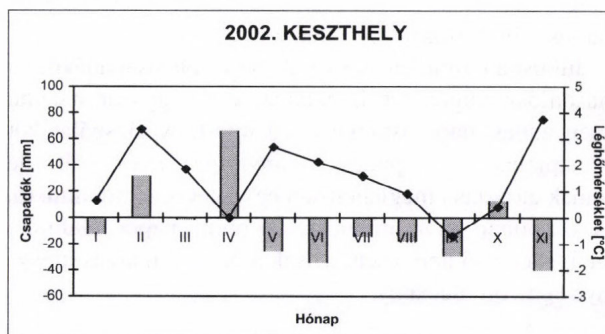
A bevezetőben ismertetett CMSM modellt mind a standard meteorológiai, mind az állomány feletti referenciaszintről származó input meteorológiai adatokkal futtattuk. A szimuláció(k) megbízhatóságának ellenőrzésére a két szimulált adatsort a 2 m magas állomány csőmagasságában (1,1 m) radiációs ernyőben elhelyezett, LI-COR 1000 típusú adatgyűjtőhöz kapcsolt HMP 35-ös kombinált szenzor által mért léghőmérséklet és légnedvesség adatokkal hasonlítottuk össze.

3. Eredmények

3.1 Az időjárás 2002-ben

2002 tenyészidőszakának májustól szeptemberig tartó szakasza az átlagosnál lényegesen szárazabb volt, mivel a sokéves átlagnál 36 %-kal (120 mm) kevesebb csapadék hullott. Az áprilisi nagymértékű, az előzővel ellentétes irányú csapadék eltérés, – 66 mm-rel több eső esett a szokásosnál – nagyban csökkentette az egész tenyészidőszakra számolt csapadékhiányt, s végül mintegy 14 %-osra mérsékelte a teljes tenyészidőszakban hullott csapadék sokéves átlagtól való eltérését.

A száraz vegetációs periódus – szeptembert kivéve – az átlagosnál melegebb időjárással társult. A tenyészidőszak hőmérsékleti átlaga 1,1°C-kal haladta meg a harmincéves átlagot. A vizsgálati év tenyészidőszaka a sokéves átlagnál szárazabb és melegebb volt, ahogy azt az 1. ábra is tükrözi.



1. ábra. Az időjárás alakulása a vizsgálat évében. A megfigyelés idejét üres jelölővel és üres oszloppal ábrázoltuk.

3.2 A megfigyelt periódus időjárásának részletezése

Az összehasonlítás idejének mindkét hónapja a szokásosnál jóval szárazabb (32,1 mm-rel volt alacsonyabb a havi csapadék összeg a sokéves átlagnál) és melegebb volt (2. ábra). Júliusban a klíma normálnál 1,6°C-kal, augusztusban pedig 0,9°C-kal volt melegebb, mint a sokéves átlag.

Az elemzésbe vont időszak 2002 július 9-e és augusztus 27-e között 50 mérő napot foglalt magában. A megfigyelt periódus jellemzése mérőnaponként azok időjárás alakulása alapján történt. A napok szétválasztásának alapjául a napi csapadék- és globálsugárzás összeg, valamint a szélerősség szolgált. A besugárzás (napállás) a vizsgálat két hónapjában jelentősen változik, ezért a derült és borult napok besorolásának határértékeit július és augusztus hónapokban eltérőnek választottuk (1. táblázat). Szeles napnak tekintettük azokat a napokat, ahol a napi átlagos szélesség 2-3 m s⁻¹ között volt, s az óránkénti maximális széllelőködés legalább 4 órán keresztül elérte a 4-7 m s⁻¹-ot. Csapadékos az a nap, ahol a lehullott csapadék mennyisége a nap folyamán meghaladja az 1 mm-t.

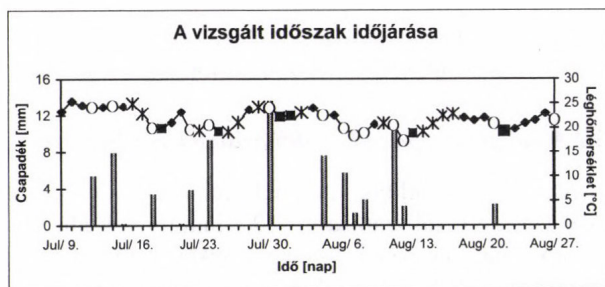
1. táblázat. A napok kategorizálása és száma a vizsgálat két hónapjában (2002).

Az időjárás szerint a nap jellege	Száma [db]	Július			Augusztus		
		Sugárzás [MJ m ⁻² /nap]	Szél [m s ⁻¹]	Csapadék [mm/nap]	Sugárzás [MJ m ⁻² /nap]	Szél [m s ⁻¹]	Csapadék [mm/nap]
Derült nap	18	23<			17<		
Borult nap	6	20>			10>		
Szeles nap*							
Napi átlag	12		2–3			2–3	
Max. lökések			5–8			4–7	
Csapad. Nap	14			1<			1<

* 10,5 méteren mért szél erősség.

A fenti 4 kategóriából 18 derült nap adódott, melyek több egymást követő napon, sorozatot alkotva augusztus vége felé voltak megfigyelhetők. Valamivel korábban, augusztus 10-e táján egy hosszabb, – kezdetben erősen szeles, – minimális csapadék ellátású szakasz lépett fel. Augusztus első 10 napjára a szeles és a csapadékos napok váltakozása volt jellemző.

Júliusban minden negyedik nap volt csapadékos, s hasonlóan augusztus hónaphoz, csak egyszer haladta meg annak napi összege a 10 mm-t. A vizsgálat két hónapjában a csapadék mennyisége kevés volt, de annak eloszlása meglehetősen egyenletesnek tekinthető. A két hónap során mindössze 6 borult napot találtunk, melyeken eső nem esett, s csak a beeső sugárzás mennyisége volt alacsony.



2. ábra. A július 9. és augusztus 27. közötti megfigyelt periódus napjainak időjárási jellemzése (♦ derült, ○ csapadékos, ■ borult, és * szeles napok jelölője).

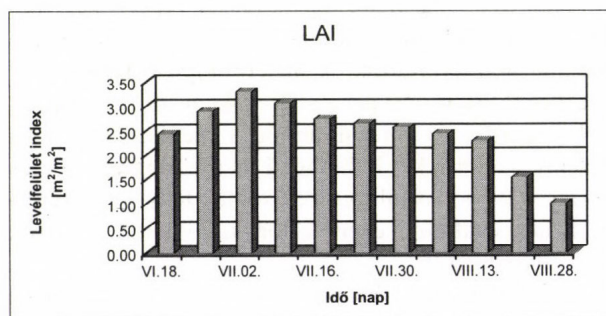
3.3 Az asszimiláló zöldfelület hetenkénti változása

A növény zöldfelületének pontos mérésére külön hangsúlyt fektettünk, mivel ennek ismerete nem csak a modell növény-morfológiai input adata, hanem az árnyékoló felület nagyságának befolyásolásával az állomány hő- és vízháztartását is alapvetően meghatározza (Anda et al. 2001).

A zöldfelület hetenkénti alakulását a 3. ábra tartalmazza. A mikroklima vizsgálat kezdetén, a száraz, meleg időjárás eredményeként igen gyors zöldfelület csökkenést tapasztaltunk. Július 2-án az állomány

50%-ának címerhányása-kor mértük a maximális levélfelület indexet (3. ábra). A megfigyelés két hónapos időtartama alatt a levélfelület eleinte alulról történő leszáradással, majd augusztus második felétől a felső levelek gyors elsárgulása révén folyamatosan csökkent. A meteorológiai elemek összehasonlító vizsgálatának kezdetén a

LAI=3 értékről a levélfelület index augusztus végére 1-re csökkent. Ezután a növények gyakorlatilag teljesen elsárgultak, elsáradtak, s a mérést tovább folytatni nem is tudtuk.



3. ábra. Az asszimiláló zöldfelület hetenkénti alakulása 2002-ben

3.4 A standard és állomány feletti légköri hőmérséklet, T_a és légnedvesség, rH összehasonlítása

A standard körülmények közötti, öt centiméteres nyírt fűfelszín felett 2 méteres magasságban mért, valamint a két méteres kukoricaállomány talajfelszínétől 3 méteres referenciaszinti magasságból származó adatok kapcsolata mutatkozott a legszorosabbnak. Az eltérés a két adatsor napi átlagai között a hőmérsékletben mindössze 0,3 % (0,07°C), a relatív nedvesség tartalmában 8,99% volt (2. táblázat). Az egyes eltérő időjárású napok kategóriáinál az eltérés nagysága lényegesen nem változott.

2. táblázat. A standard körülmények közötti és az állomány felett mért meteorológiai adatok óra átlagainak differenciája eltérő időjárású napokon (T_a a légköri hőmérséklet, r_h a relatív légnedvesség)

	T_a [°C]	R_h [%]
Derült	0,12	9,39
Csapadékos	0,08	9,10
Borult	0,02	7,70
Szeles	0,01	8,87
Átlag (50 nap)	0,07	8,99

Mindkét meteorológiai elemnél a mikroklima vizsgálatokra leginkább alkalmasnak tartott derült időben mutatkozott a legnagyobb eltérés, mely mértéke azonban nem volt túlságosan magas, a léghőmérsékletnél nem haladta meg a 0,2 °C-ot, a relatív nedvességnél pedig a 10 %-ot. Csapadékos időben a légnedvesség kiegyenlített. Borult időben volt a legkisebb az eltérés a standard és a referenciaszinten mért relatív nedvesség értékek között. A borult és a szeles kategóriába sorolt napokon a legkisebb (<0,02°C) a fűfelszín, illetve a zárt kukoricaállomány felett 1 m-re mért léghőmérséklet értékek napi átlagai közötti különbség.

A vizsgálat során eldöntendő kérdésként merült fel, hogy a standard körülmények között illetve az állomány felett referenciaszinten mért értékek azonosnak tekinthetők-e? Ennek vizsgálatához a standard (S) és a referenciaszinten (R) mért értékek közötti $R=a+bS$ lineáris regresszió origón átmenő változatát alkalmaztuk. Ugyanis, ha a standard állomási légnedvesség és léghőmérséklet értékek egyenlők lennének az állomány felett mértekkel, akkor az (S,R) pontok az $y=x$ egyenesre illeszkednének. Így ha az origón átmenő regressziós egyenes együtthatója nem különbözik szignifikánsan egytől ($P=5\%$), akkor nyilván statisztikailag egyenlőnek tekinthetők a referenciaszinten mért adatok a standard meteorológiai állomásaival.

Mivel az adatainkra illesztett regressziós egyenesek tengelymetszete nem különbözött szignifikánsan a nullától 5%-os szinten, ezért origón átmenő regressziós egyeneseket illeszthettünk. A regressziós együtthatók meredeksége a léghőmérséklet esetében nem különbözött szignifikánsan egytől ($P=5\%$), – amint ezt a 3. táblázat 95%-os konfidencia intervallumai mutatják, – ezért a T_a esetében a standard körülmények között mért adatok gyakorlatilag azonosnak tekinthetők a kifejtett kukoricaállomány felett 1 m magasan regisztráltakkal.

A relatív nedvesség vizsgálatánál a regressziós együttható 1 közeli, de különbözött 1-től, azaz statisztikailag a standard és referenciaszinti rh adatok nem tekinthetők azonosnak. A korreláció viszont igen szoros az adatok között – a T_a -hoz hasonlóan a légnedvességé is – 0,999, ezért a standard relatív nedvesség adatok (S) egyszerű konstanssal (c) történő beszorzással referenciaszinti adatokká (R) átalakíthatók az $R=c \cdot S$ egyenlet alapján. Esetünkben a konstans: 1,14.

A statisztikai analízis eredményei alátámasztották feltevésünket, miszerint a kellően közeli meteorológiai

3. táblázat. Statisztikai értékelés eredményei
(T_a a léghőmérsékletet, rH a relatív nedvességet jelöli)

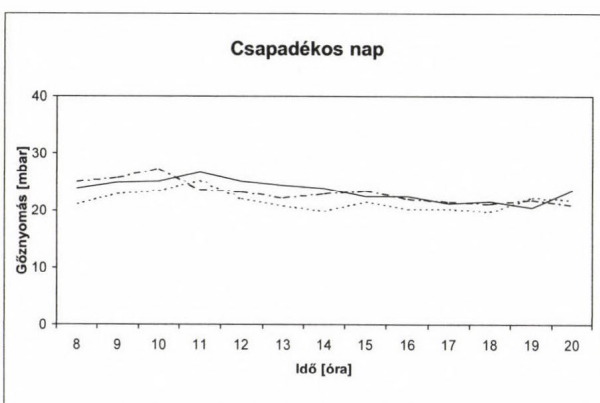
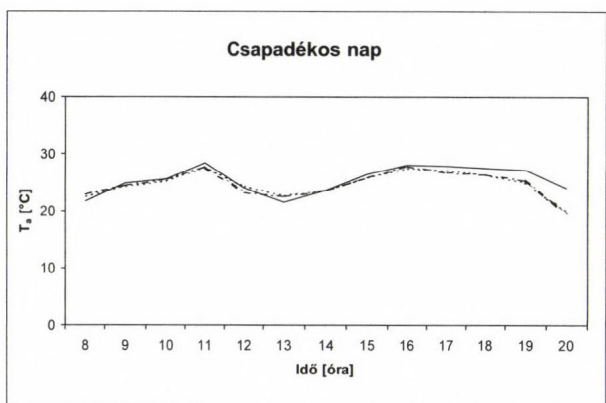
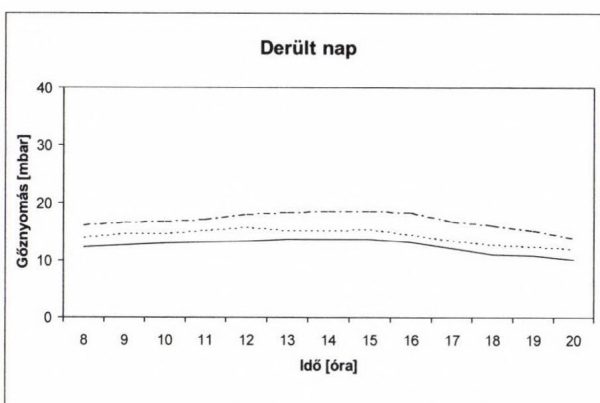
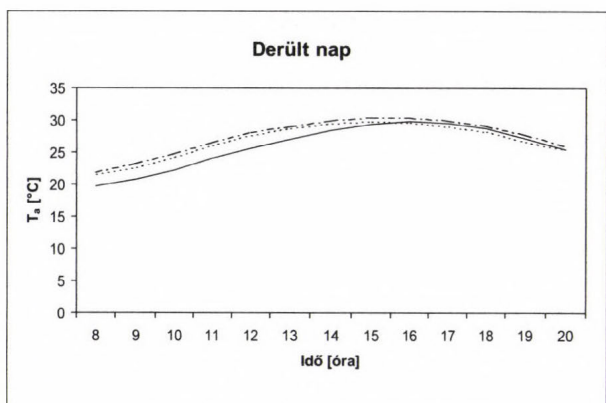
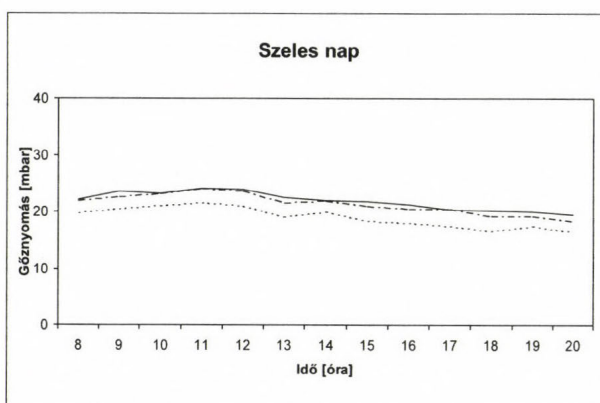
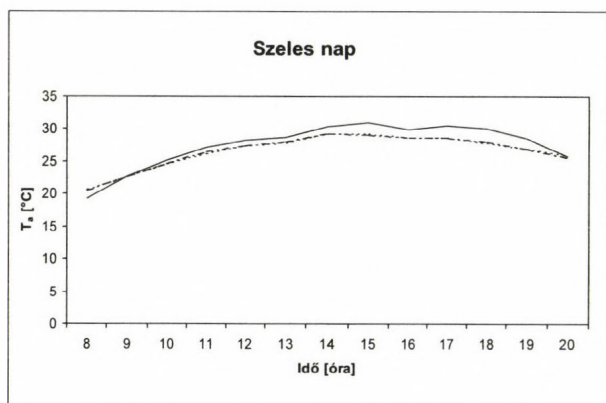
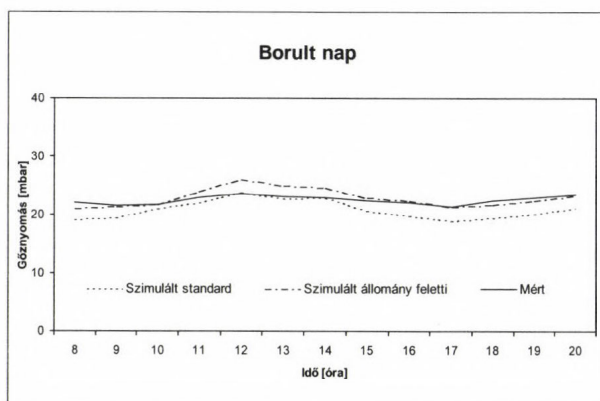
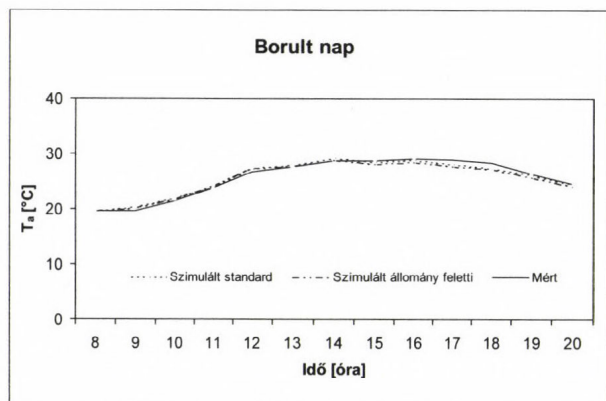
	T_a [°C]	Rh [%]
RMSD	0,2263	9,150
Regressziós együttható	1,003	1,141
A populációs regressziós együttható		
95%-os konfidencia intervalluma	[1,000;1,006]	[1,134;1,148]
Determinációs együttható (R^2)	0,999	0,999
A regr. együttható standard hibája	0,001	0,003
A reziduumok (hibák) szórása	0,214	1,446

állomások standard adatsora a léghőmérséklet esetében 2 m-t elért kifejtett kukoricánál egy az egyben, a légnedvesség értékeknél pedig az 1,14-es konstanssal történő beszorzás után megfeleltethetők a kukoricaállomány feletti 1 m-es referenciaszinti (felszín feletti 3 m-es) modell-input adatainak. Ez a kapcsolat azonban valószínűleg csak a kb. 2 m-es végső magasságot elérő kukorica fajtáknál lehet igaz a vertikális profil erőteljes változása miatt.

3.5 A standard és az állomány feletti input meteorológiai adatokkal végzett szimuláció

A következő lépésben azt vizsgáltuk, hogy a modell eredeti igényeinek megfelelően az állomány felett referenciaszinten mért meteorológiai paraméteres modellfuttatás eredménye mennyiben tér el a kísérleti terület közvetlen közelében lévő meteorológiai állomás standard körülmények között észlelt adatsorával végzett szimulációtól, ezért mindkét adatsorral elvégeztük a vizsgált időszak mikroklima számítását. A kétféle meteorológiai input adatsor megbízhatóságának meghatározásához a modell által számított állományon belüli mikroklima elemek közül a léghőmérséklet és a légnedvesség cső szinti magasságra vonatkozó értékeit hasonlítottuk össze a kukoricaállományban ugyanezen magasságban – esetünkben a talajfelszíntől 110 cm-re mért értékeivel (4. ábra). Azért a cső szintjét választottuk a mikroklima elemeinek összehasonlításához, mert ebben a szintben a legélénkebbek a növényélettani folyamatok amellet, hogy ez az a magasság, mely a növény megjelenése alapján bármikor könnyen reprodukálható.

4. ábra. A két input adatsorral szimulált és a mért mikroklima elemek közül az a) léghőmérséklet, b) gőznyomás alakulása az állomány csőszintjében 4 választott mintanapon (borult 2002. 08. 01, szeles 08.02, derült 08.03 és csapadékos 08.04)



a) A léghőmérséklet alakulása a mintanapokon

b) Gőznyomás alakulása csőszintben a mintanapokon

A referenciaszinten mért és a meteorológiai állomáson észlelt input adatok eltéréseiből (3.4-es alfejezet) eredő szimuláció állományon belül, a cső szintjében mért mikroklíma elemektől való eltéréseit a 4. táblázat foglalja össze a különböző időjárású mintanapokra, egy-egy választott mintanap értékeinek bemutatásával. A borult, csapadékos és szeles időjárású mintanapokat egymáshoz közeli időpontokban, augusztus elejére választottuk. Derült napnak időben egy kissé távolabbít, a július 11-ét választottuk, mert ekkor több, egymást követő felhőtlen és szélcsendes időjárású nap követte egymást.

4. táblázat. A szimulált és mért adatok napi átlagainak eltérései az állomány cső-szintjében, egy-egy jellemző mintanap alapján (S: standard meteorológiai adatok, R: állomány feletti referenciaszinti adatok, és az O: mért adatok)

A mintanap		Ta [°C]		Gőznyomás [mbar]	
időpontja	időjárása	S-O	R-O	S-O	R-O
08.01	BORULT	0,03	-0,15	-1,66	0,46
08.02	SZELES	-0,89	-0,91	-2,79	-0,47
07.11	DERÜLT	-1,0	-0,35	-1,63	-0,51
08.04	CSAPADÉKOS	-0,34	-0,36	-1,81	-0,11

A standard körülmények között és az állomány felett mért léghőmérséklet alapján történő szimulációval meghatározott, valamint a cső szintben mért hőmérséklet eltérései – időjárás által lényegesen nem befolyásolva – a korábbi fejezetben leírtaknak megfelelően a jó egyezést kifejező statisztikai megállapítást támasztják alá. A különböző időjárású mintanapoknál a léghőmérséklet eltérései az 1°C-ot egyetlen választott mintanapon sem haladták meg. A borult napok léghőmérsékletei a többinél jobb egyezést mutattak.

Időjárástól függetlenül a napi átlagos gőznyomásban az állomány feletti referenciaszintről – esetünkben 3 m – származó inputok esetében $\pm 0,5$ mbar alatti eltéréseket tapasztaltunk. Az eltérés mértéke a csapadékos mintanapon volt a legalacsonyabb. A standard meteorológiai adatsorral végzett modellfuttatás valamivel pontatlanabbnak bizonyult, s időjárástól függően mintegy 1,6-2,79 mbar közötti alábecslést eredményezett. A standard körülmények között meghatározott gőznyomás esetében a szeles nap szimulációja volt a legpontatlanabb. A légnedvességnél a szimulálni kívánt mikroklíma elem becslési pontossága elfogadható, ha tekintetbe vesszük, hogy a leggyengébb pontosságot mutató mintanapon az állomány felett mért bemenő adatok futtatásával előállított légnedvesség és a valóságban mért érték közti differencia mindig 3 mbar alatti, a standard körülmények között gyűjtött bemenő adat felhasználásánál pedig 0,5 mbar alatti volt. Kedvezőbb megoldás hiányában a standard meteorológiai

állomás adatai, mint a futtatni kívánt modell inputjai felhasználásra javasolhatók.

4. Következtetések

Állomány feletti referenciaszintről származó meteorológiai adatok hiányában kellő körültekintéssel – nem túl nagy távolságból – a meteorológiai állomások adatait is használhatjuk szimulációs modellek input paramétereként. Ezt igazolandó nem produkciós, hanem az inputokra érzékeny mikroklíma modellek egyikét a Chen modellt futtattuk mind állomány feletti referenciaszintről, mind standard meteorológiai állomásról származó adatsorokkal.

Az általunk használt modellben beállítható a referenciaszint, így nem alkalmaztuk a légnedvesség állomány feletti értékre való átszámítását. De amennyiben egy állandó referenciaszintre vonatkoztat a modellünk, mód van a változók gyors átszámítására.

Eredményeink alapján mindazok, akik eddig meteorológiai adathiány miatt tartózkodtak a modellek alkalmazásától, újra áttekinthetik lehetőségeiket, amit az Országos Meteorológiai Szolgálat 32 darab MILOS 500 típusú Vaisala szinop automatája és az 57 darab QLC-50 klíma automatája adat-hozzáférhetőség tekintetében biztosít.

A megfigyelések a T 043147 sz. OTKA pályázat anyagi támogatásával valósulhattak meg.

Anda Angéla, Lőke Zsuzsanna és Varga Balázs
VE Georgikon Mezőgazd. Tud Kar, Keszthely

Irodalom

- Anda, A., Lőke, Zs. és Burucs, Z. 2001: Öntözött és természetes csapadékelátású kukorica mikroklímája. *Növénytermelés*. Tom. 50, 2-3. p: 249-260.
- Chen, J. 1984: Mathematical analysis and simulation of crop micrometeorology. Ph.D. Thesis Wageningen University.
- Goudriaan, J. 1977: Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation monographs, Pudoc, Wageningen.
- Hunkár, M. 1990: Kukoricaállomány mikroklímájának szimulációja. Időjárás, 94.pp: 221-229.
- Monsi, M. and Saeki, T. 1953: Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14: 22-52.
- Páll, J., Anda, A., and Hunkár, M. 1998: Különböző vízellátottságú kukoricaállományok mikroklímájának szimulációja. Acta Geographica Debrecina Tom. XXXIV. p: 41-60.
- Willmott, C. J., 1982: Some comments on the evaluation of model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc., p:1309-1313.

MAKAINÉ DR. CSÁSZÁR MARGIT

1931–2003

Életének 73. évében elhunyt Makainé dr. Császár Margit, az ELTE TTK Meteorológiai Tanszékének nyugdíjas docense. Temetésén az egykori tanítványok és munkatársak nevében dr. Gyuró György vett Tőle búcsút.

Tisztelt Gyászoló Család!
Tisztelt Gyászoló Gyülekezet!
Kedves Kollégák!

Túlzás nélkül állíthatom, hogy az egészen fiatal korosztályt leszámítva nincs olyan magyar meteorológus, aki ne ismerte volna Margit nénit, és akit ő ne ismert volna személyesen, hiszen 32 éven át volt oktatója az ELTE Meteorológiai Tanszékének és tanulmányi felelőse a meteorológus szakos hallgatóknak. Én magam egykori tanítványaként 8 éven át dolgoztam mellette a Tanszéken, és lettem nyugdíjazása után tantárgyának, a Szinoptikus meteorológiának oktatója. Sokat beszélgettünk, amikor arra készültem, hogy átvegyem az oktatási feladatokat, sőt egy alkalommal visszaemlékezéseinek néhány oldalas kéziratát is megkaptam Margit nénitől. Ebből tudtam meg, hogy szülőfalujában, a Marcal partján fekvő, néhány száz lelket számláló Dabroncon asztalosmester édesapja méhészkedéssel is foglalkozott, és rendszeresen feljegyezte a méhek életét befolyásoló időjárási jelenségeket. Ezek a megfigyelések motiválhatták azokat a lépéseket, amelyek később egy életre szóló hivatássá bontakoztak ki. A sümegi polgári iskolában már egyenesen a kis Margitra bízta az észlelések végzését a Meteorológiai Intézet helyi állomásán, aki az érettségire készülve levelet írt az Intézet igazgatójának, és arról érdeklődött, hogyan lehet valakiből meteorológus. *Tóth Géza* igazgató arról értesítette észlelőjét, hogy a Pázmány Péter Tudományegyetemen éppen a következő tanévben indul az első meteorológus évfolyam oktatása.

1950. szeptemberében 46-an kezdtek meg tanulmányaikat, az 1954-es államvizsga után pedig – Margit nénival együtt – 17-en kaptak meteorológus oklevelet. Szakdolgozatának témavezetője maga a tanszékvezető, *Dési Frigyes* volt, aki a Meteorológiai Intézet igazgatójaként az Aerológiai Obszer-



vatóriumban helyezte el a frissen végzett meteorológust. Mindössze egy évig volt az obszervatóriumban *Béll Béla* tudományos segédmunkatársa, vagy ahogy Margit néni visszaemlékezik: tudományos segédvonalhúzója. A kis kitérő után a ferihegyi Repülőelőrejelző Osztályra kerül, ahol rövid észlelési gyakorlat után kezdett ismerkedni a szinoptikus munkával. Az időjárási események naponkénti követése, az előrejelzések bevalásának izgalma, a pilótáknak tartott meteorológiai eligazítások hangulata véglegessé tette elkötelezettségét a szinoptikus meteorológia iránt. A következő év nyarán a balatoni viharjelzés gyakorlatába is belekóstolhatott. Első előrejelzése az Időjárási

Napijelentésben 1956. június 3-án jelent meg. Ugyanazon év novemberétől már a Prognózis Osztály előrejelzőjeként dolgozott a Kitaibel Pál utcai Székházban. Gyakran emlegette ezekből az időkből idősebb kollégáit, tanítómestereit: *Rajkay Ödönt*, *Németh Tivadart* és *Ozorai Zoltánt*.

1959-ben jelentős fordulatot vett a gyakorló szinoptikus sorsa. *Dési Frigyes* áthelyezte az ELTE Meteorológiai Tanszékére, azaz meghívta a Szinoptikus meteorológia oktatására. Visszaemlékezései szerint igen nehezen szokta meg a szürke irodai munkát, és kezdetben naponta keresett ürügyet arra, hogy visszaszökjön az előrejelzőkhöz. Nyugdíjazásakor így írt az egyetemi évekről: „*Nem bántam meg, hogy hagytam magam elcsábítani. A Tanszéken is megtaláltam az érdeklődésemnek megfelelő területet, és kiderült, hogy nem is olyan unalmas az élet az Egyetemen. Ősszel a tanévkezdés, tavasszal az eredményes befejezés, a diplomák átadása tartogat számomra érdekességet, és mindig jól esik, ha egy öreg diák betoppan a Tanszékre, vagy levélben ad hírt magáról.*” Az egyetemi oktatóként és kutatóként eltöltött több mint három évtized alatt 4 tankönyvet és közel félszáz tudományos publikációt jelentetett meg. 1963-ban egyetemi doktori, 1975-ben pedig kandidátusi fokozatot szerzett. Érdeklődése kezdetben a Földközi-tenger térségében megfigyelhető ciklogenezisre terjedt ki. Folyamatosan figyelemmel kísérte az Alpok és a Kárpátok meteorológiájával foglalkozó konferenciák anyagát, ahol újabb ötleteket kapott munkájához, így például a légköri energetikai kuta-

tásokhoz. A gravitációs nyírási hullámok vizsgálata során jutott el annak vizsgálatához, mi a dinamikai feltétele a Kárpát-medencében gyakran kialakuló hideg levegőpárna felszakadásának. Egyetemi oktatóként létrehozta a Szinoptikus Meteorológiai Laboratóriumot, ahol faximile vevőberendezés és műholdvevő készülék működött. A Laborban gyakran gyűltek Margit néni köré a hallgatók, és faggatták a térképek és műholdképek jelenté-

séről, a várható időjárásról. Magyarázatait mindig az az anyáskodó gondoskodás hatotta át, amit oly sokan ismertek tőle, a meteorológus szak Felvételi Vizsgabizottságának elnökétől vagy a szakterület szakszervezeti főbizalmijától.

Nyugdíjazása után sem pihent. A rá jellemző energiával rendezgette kéziratait, és készítette elő új tankönyvének anyagát. Aktív tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaságnak. Részvétele és hozzászólásai,

javaslatai nélkül nem telt el választmányi ülés, legutóbb pedig a tavalyi tisztújító közgyűlés jelölőbizottsági tagjaként járult hozzá a Társaság sikeres működéséhez.

Közvetlen beszédmodora, színes egyénisége sokáig emlékezetes marad számunkra. Személyisége hiányozni fog szakmai rendezvényeinkről, a magyar meteorológus közösségből. Emlékét megőrizzük!

Dr. Gyuró György

NAGY ÁRPÁD 1918–2003

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Földfelszíni Megfigyelési Osztály, korábbi nevén a Hálózati Osztály vezetőjeként, és a Magyar Meteorológiai Társaság főtitkáraként búcsúzom Nagy Árpádtól, hálózati ellenőreink korelnökétől, Társaságunk tiszteleti tagjától.

Ma már 35 éve annak, hogy a mosonmagyaróvári klímaállomás észlelőjének fiaként megismerkedtem Árpád bácsival, aki a rá jellemző lelkiismeretességgel, szakmaszeretettel és emberséggel tanította nekünk az észlelési ismereteket. Gyakran találkoztunk akkor is, amikor már az egyetemen tanultam a meteorológiát, és később, amikor már magam is azzal foglalkoztam. Minden találkozásunkkor felidéztem az észlelői éveket, és nem mulasztott el alkalmat, hogy ne érdeklődött volna szüleim és testvéreim felől.

Nagy Árpád hosszú évekig dolgozott hálózati ellenőrként, szervezte és gondozta a megfigyelőhálózatot, a társadalmi észlelők nagy családját.

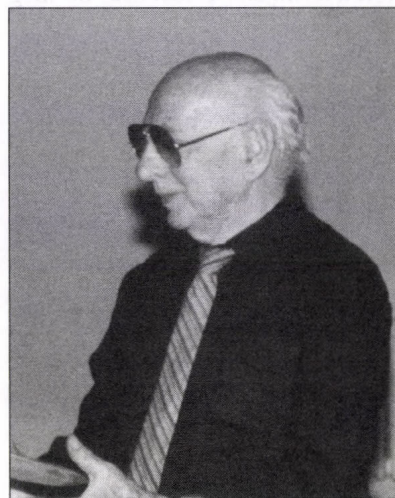
Közvetlenül a háború előtt szabadult fel édesapja műhelyében mint asztalossegéd. Korengedéllyel kérte felvételét a Légierőhöz, ahol távirász kiképzést kapott, és a tanfolyam második legjobbjaként

a Légierő parancsnokának távirársa lett.

A legendás Réthly Antal igazgatósága idején, 1940-ben szegődött el élete első és utolsó munkahelyére, a Meteorológiai Intézethez, ahol a Prognózis Osztály rádiós részlegénél dolgozott, majd a doni fronton lett meteorrádiós. Háborús sebesülés, repülőgépes kényszerleszállás és amerikai hadifogság után került vissza ismét az Intézethez. Dolgozott az Ionoszférakutató Csoportnál, a Távprognózis Osztályon, majd a Nyomda helyettes vezetője lett, míg végül az 1956-os intézeti Forradalmi Bizottságot is megjárva lett a Hálózati Osztály ellenőre. Hazánk településeit járva önkénteseket toborzott meteorológiai megfigyelések végzéséhez, betanította őket, és ellenőrizte munkájukat. Mindig jó szemmel, kiváló érzékeléssel talált rá azokra, akik aztán évekig, évtizedekig küldözgették rendszeres időjárási feljegyzéseiket a budapesti központ számára. Munkájának eredménye ma is meglátszik megfigyelőhálózatunkon. Emellett 35 éven át a vízügyi csapadékmérő hálózatot is felügyelte.

Árpád bácsi fáradhatatlanul volt fotósa, önkéntes dokumentátora az Intézet és a magyar meteorológia valamennyi eseményének. Könyv-

tárunk és Múzeumunk több száz fényképét őrzi. Életének utolsó napjait aktív részvevője volt a meteorológus közéletnek, szakmai



rendezvényeinknek. Ezt ismerte el a Magyar Meteorológiai Társaság azzal, hogy tiszteleti tagjává választotta, bár ezt a megtiszteltetést csak fájdalmasan rövid ideig élvezhette.

Tisztelt Gyászolók! Megrendülten állunk a kettős ravatal előtt. Feleségével, Erzsikével 60 évi boldog házasság után a halálban is társak lettek.

Nyugodjanak békében!

Dr. Gyuró György

ÉSZLELŐINK ÍRJÁK ...

JÉGESŐ SOPRONBAN

Bevezetés

Május 12.-én délután viszonylag rövid, de annál hevesebb zivatar volt Sopronban, amit jégeső is kísért.

A jég szemek a Belvárosban és az Egyetem környékén cseresznye és dió nagyságúak voltak, de a város északnyugati részén jóval nagyobb átmérőjű jég szemek hullottak. Késő este, ill. éjjel is voltak zivatark és végre bőséges csapadék.

A zivatar rövid leírása

Az ominózus napot megelőző egy-két napban is voltak kisebb-nagyobb záporok, zivatark, ami a hosszú szárazság után nagyon jól jött a szomszagos földeknek, no meg az erdőknek.

Nyugat-Európában egy hullámozó hidegfront húzódtott. A Kárpát-medencét a front előtti meleg, nedves és labilis légállapotú levegő töltötte ki, amelyben kedvezőek voltak a feltételek a konvektív csapadék képződéséhez.

A késő délelőtti órákban nyugat-északnyugati irányban erőteljes gomolyfelhőképződés indult meg és már a déli órákra hatalmasan tornyosuló Cu congestus és Cb calvus volt megfigyelhető. A Cb calvus fokozatosan Cb capillatus-szá fejlődött és körülötte szinte robbanásszerűen fejlődtek a felhőtornyok jelezvén, hogy készül valami. Délután egy óra után már a Cb-k vonalba rendeződtek és közeledtek a város felé, miközben fenyegető sötét színt vett fel a felhők alja. Érdekes, hogy más irányban nem lehetett megfigyelni hasonló felhőket, csak Cirrus fibratus és néhány Ac lenticularis mutatkozott elszórtan az égen.

A zivatartömb tovább közeledett és már a csapadéksávok is láthatók voltak, miközben 13.26-tól folyamatosan dörgött az ég. A csapadék-

hullás 13.51-kor kezdődött és a szél is átfordult nyugati-északnyugati irányba az addigi délkeletiről és meg is erősödött. Ezzel egyidőben a levegő is lehűlt 26,7 fokról 18,8-ra. A heves záport 13.55-14.01 között jégeső kísérte, ami az Egyetem területén cseresznyemag és dió nagyságú volt és esővel vegyesen esett, de a város Ény-i részén és a Hanság mentén jóval nagyobb jég szemek hullottak és ezek sajnos károkat is okoztak. Ezeken a helyeken ritkán látható méretű és formájú jeges estek, amit az alábbi képeken is látni lehet. Az 1. kép Burgenlandban készült, a többi Sopronban az Ágfalvi úti lakótelepen. A soproni képeket Kiss Márton készítette.



1. kép

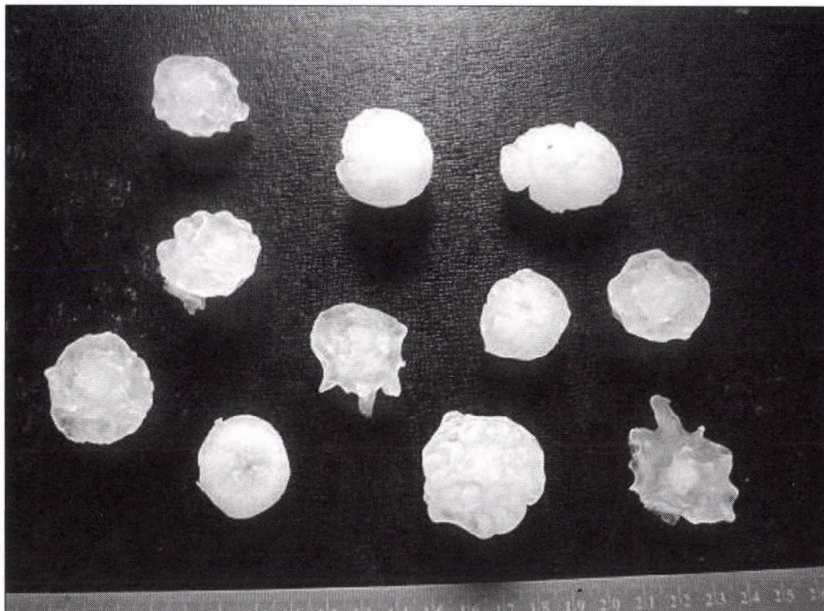
A zivatar 14.10-ig tartott, utána a zivatarfelhő elvonult délkeleti irányba és közben szét is esett. A szél északnyugati iránya megmaradt. A lehullott csapadék a Botanikus kert mérőállomásán 3.1 mm, míg az OMSZ Főállomáson, a Kuruc-dombon 3.2 mm volt (légvonalban mintegy 2 km a két állomás közötti távolság). A zivatark kifutószél legerősebb széllökése 11.4 m/sec volt.

Este amikor észlelni mentem az Egyetemre, nyugat felől ismét jól fejlett Cb capillatusok közeledtek és 21.17-kor már „száraz” zivatar volt, és ezután több hullámban egész éjjel folytatódott a zivatarképpenység, hajnalig. Ezen zivatark némelyikét igen erős kisülések kísérték.

A napi csapadék a Botanikus kertben 28.0 mm, a Kuruc-dombon 15.7 mm.

Károk

A jégeső időtartama a városban 5-6 perc volt, de a külterületen negyedórát is elért. Sajnos a borvi-



2. kép

déket is sújtotta a jégeső, főleg a Fertő-parti területeken Balfig tett kárt a hajtásokban és a levelekben.

A legnagyobb károkat a Hanság mentén elhelyezkedő földeken, Bősárkány környékén okozta a jégeső.

Itt a termelőknek milliós nagyságrendű károkkal kellett szembesülniük. Amit nem tett tönkre az aszály, azt elvitte a jég.

Néhány érdekesség

Íme néhány soproni és Sopron környéki megfigyelés:

Bolla Szimonetta-Sopron-Csillagvizsgáló

„Délután 14.00-kor Ény felől heves zivatar jégesővel. A jég szemek 1-2 cm átmérőjűek. Este 21:30-tól újabb zivatar, ami 22 óráig tart, majd 23:30-tól hajnalig ismét zivatar.

Csapadék 22.8 mm.”

Varga Endre -Sopron-Balf

„Du. kettő órakor heves zivatar, majd napsütés, 21:30-tól újra zivatar, fél órán keresztül. 23:30-tól zivatar hajnalig. Csapadék 17.0 mm.”

Simon Veronika-Pinnye

„Délután fél háromkor zivatar érkezett ÉNY felől, ezután többször kialakult záporosó, majd este ismét zivatar. Csapadék 8.8 mm.”

Garab Emília-Himod

„Késő du. záporosó, majd zivatar. Éjjel újabb eső, zivatar. Csapadék 9.2 mm”

Pétervári Tibor a Szombathelyi Főállomás észlelője így látta 62 km távolságból az eseményeket:

„Már 11-én hajnalban egy zivatarlánc haladt végig a nyugati határ mentén, amiből nálam 9.1 mm csapadék hullott, ez a zivatarzóna is azon hidegfront előtt alakult ki, amely azután kedden este érkezett meg (13-án este). Másnap 12-én

tőlem NNW irányban a 12.40-es észleléskor magasratörő zivatarcellák voltak láthatóak, nem sokkal később megtudtam, hogy hirtelen jéggel és szélviharral kísért rövid ideig tartó zivatar volt Sopronban, ha jól emlékszem 13.26-14.10 között. Ekkor nálam Cb3 formák kezdtek kialakulni, bízakodtam, de 16 óra tájban hirtelen északira fordult a szél és a felhőzet látványos szétesése volt tapasztalható, gyakorlatilag kiderült az égbolt, stabilizálódott a légkör állapota. Úgy gondoltam akkor és most is, hogy a Sopron környéki jéggel járó viharok kifutó szelei értek el hozzánk ekkor. Ezután este 19 óra után ismét hatalmas Cb9 tetőkre lettem figyelmes a Kőszegi-hegység fölött, de Szombathelyről nézve osztrák területek fölött. Három Cb capillatus tető (üllő) volt látható szépen sorban, ezek még az esti főterminus idején is fejlődő szakaszban voltak, de láthatóan ENE felé helyeződtek, csak valamelyest közeledtek térségünk felé. Mondtam is idehaza, hogy Sopron felé halad, ott lehetséges, hogy nagy zivatar van – és lett is – komoly csapadékkal. Innen észlelve egyébként azonnal mondtam is magamban, hogy ezek bizony 10 km-nél magasabb cellák lehetnek, eme észlelésemet a radaros mérés bizonyította. Éjszaka már 13-án 01.50-03-05 között aztán egy gyenge záporból itt is mértem 1.3 mm csapadékot, ezzel sajnos ehhez a hidegfronthoz kötött csapadék ki is merült Szombathely térségében.”

Sopronban utoljára 1996. 06. 20.-án volt hasonló méretű jégeső. Akkor kb. 11 percig esett a jég, ebből 6-8 percen át „szárazon” eső nélkül, de ez már egy másik történet.

Roszik Róbert

* * *

FELHŐSZAKADÁS GYŐRÖTT

Május 17.-én 18.47-21.25-ig igen heves zivatar volt, amit felhőszakadás és jégeső kísért. A jégeső 19.14 és 19.20 között esett. A jég szemek átmérője 0.5-1.0 cm nagyságú volt.

A lezúduló eső mennyisége 19.50-19.42 között 35.5 mm, a napi csapadék összesen 45.5 mm.

A MILOS 500 automata csapadékmérőjének adatai alapján volt olyan egy perc, amikor 2.5 mm és olyan tízperc, amikor 14.3 mm zúdult le. A látástávolság 500 méterig is lecsökkent, szinte esőfalt lehetett látni.

A zivatart nagyon erős kisülések kísérték. Előfordult, hogy a villámlás és a mennydörgés (inkább csattanás) között talán 1 másodperc sem telt el.

A 19.45-ös észleléshez gumicsizmát kellett felvenni, mert a műszerkertben és az utakon állt a víz.

A zivatar 21.25 után is folytatódott – igaz gyengébben – egészen 00.15-ig.

A sötétedés beállta után igen szép villámformákat lehetett megfigyelni és egy-egy nagyobb villám néhány másodpercre úgy bevilágította az égboltot, hogy még a nagy gomolyfelhők is látszottak.

Roszik Róbert

Helyreigazítás

A Légekör 2003. évi 1. számának 20. oldalán a jobboldali hasáb második bekezdésének negyedik sora helyesen: ... ha csak erre a modellre támaszkodott volna... (valójában nem az angol – UKMO – modelltől, hanem az ECMWF modelltől van szó).

(A szerk.)

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2003. április 1-június 30 között

Előadó ülések, rendezvények:

Május 6.

a Magyar Meteorológiai Társaság Közgyűlése.

Program:

- 15.00 A Közgyűlés összehívása
A határozatképesség megállapítása
- 15.05 Tudományos előadások:
- **Kerényi Judit:** Az Európai Műholdhasznosítási Szervezet, az EUMETSAT
 - **Ihász István:** Az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ, az ECMWF
- 15.40
- A Közgyűlés megnyitása
 - Közhasznúsági jelentés
 - ◆ Főtitkári beszámoló
 - ◆ Az Ellenőrző Bizottság jelentése
 - Vita

- A 2002. évi társasági díjak átadása (felsorolás alább)
 - A Közgyűlés bezárása
- BÜFÉ

Május 10.

A Berzsényi Dániel Főiskola rendezésében, az MMT Nyugat-Magyarországi Csoportjának támogatásával Szombathelyen rendezték meg a *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása 2. nemzetközi konferenciát.*

Június 4 – 6.

IV. Erdő és klíma konferencia, Bakonybél

Központi témák:

- Klímánk múltja, jövője
- Energia és víz
- Cselekvés – hatás – következmény

(Részletes beszámoló ebben a számban.)

Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2002. évi tevékenységéről

Társaságunk a közhasznú szervezetekről szóló 1997. évi CLVI. törvény előírása szerint kérte a Fővárosi Bíróságtól nyilvántartásba vételét a közhasznú szervezetek közé. Az eljárás a Pk. 60. 443 ügyiratszámom befejeződött és Társaságunkat 1999. február 16.-án bejegyezték a közhasznú egyesületek közé.

Az MMT hatályos Alapszabálya értelmében az alábbi közhasznú tevékenységeket végzi:

- tudományos tevékenység, kutatás;
- nevelés, oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- kulturális örökség megóvása;
- környezetvédelem;
- euroatlanti integráció elősegítése.

A hatályos jogszabályok előírásai szerint a közhasznúsági jelentést az alábbiakban részletezzük:

1. Költségvetési támogatás felhasználása

Közvetlenül az állami költségvetésből támogatást a tárgyévben nem kaptunk.

1.1 Egyéb támogatás

Mint a MTESZ egyik tagegyesülete, a szövetségnek külön költségvetési soron 2002-ben juttatott támogatás-

ból a MTESZ Szövetségi Tanácsának határozata alapján 750e Ft támogatásban részesültünk.

1.2 Kapott közhasznú támogatások kimutatása:

Országos Meteorológiai Szolgálat jogi tagdíja 300e Ft, a Honvédelmi Minisztérium jogi tagdíja 300e Ft, Pro Cultura Alapítvány támogatása a Légkör c. folyóirat kiadásaira, 150e Ft, OM támogatása nemzetközi tagdíjra 95e Ft, konferenciákra 800e Ft.

2. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás:

Társaságunk mérleg szerinti vagyona 2001-ben 5.144 Ft volt. A 2002-es évet pozitív eredménnyel zártuk, vagyónunk 2002 év végére 11.794e Ft-ra növekedett, amit állampapírokban, bankszámlán, illetve készpénzben tartunk. Tárgyi eszközünk állománya kis mértékben növekedett az új beszerzések révén, de nettó értéke nem, mert kisértékű eszköz lévén, az értékcsökkenést egy összegben számoltuk el. Jelenleg a tárgyi eszközök nettó értéke 208e Ft.

3. Cél szerinti juttatások kimutatása:

2002 évben 580e Ft-ot fizettünk ki kutatási ösztöndíj címén. Utazási támogatást 412e Ft értékben adtunk. Díjakra és könyvtalványokra 201e Ft-ot költöttünk.

900e Ft-ot különítettünk el a Róna Zsigmond Alapítvány elnevezésű közérdekű kötelezettségvállalás alaptőkéjének megemelésére.

4. Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások:

Vezető tisztségviselőink nemcsak névlegesen, hanem ténylegesen társadalmi munkában látják el önként vállalt feladatukat, amelyért a beszámolási időszakban semmiféle juttatásban nem részesültek, még költségtérítésben sem.

5. A közhasznú tevékenység tartalmi beszámolóját a főtitkári beszámoló tartalmazza:

Bizonyos szempontból rendhagyó volt a 2002-es év: sajnálatos módon tovább csökkent az egyéni előadók száma, viszont a korábbinál több, összesen 5 olyan rendezvényre, konferenciára, szimpóziumra került sor, amelyen Társaságunk volt a rendező, vagy a társrendező. Az éves közgyűlésünkön tisztújítást hajtottunk végre, és folytattuk a vándorgyűlések sorozatát. Gazdálkodásunk jelentősen stabilizálódott.

Szeretném felidézni az év legfontosabb eseményeit, társasági rendezvényeit.

Januárban emlékülést tartottunk Dési Frigyes, az OMI egykori igazgatója, Társaságunk és az OMSZ egykori elnöke, az ELTE Meteorológiai Tanszék egykori tanszékvezető professzora születésének 90. évfordulója alkalmából. Az előadók a kor szemtanújaként idézték fel Dési Frigyes sokrétű tevékenységének legemlékezetesebb momentumait.

Márciusban társrendezői voltunk a 2. CarboEurope konferenciának. A 200, túlnyomórészt külföldi résztvevővel megtartott rendezvény bevételei örvendetes mértékben stabilizálták gazdasági helyzetünket.

A Meteorológiai Világnap témája ezúttal a „Meteorológia az élet- és vagyonvédelemben” volt. Ez alkalomból az OMSZ-szal közösen szervezett ünnepségen Fejesné Sándor Valéria tartott előadást „A meteorológiai előrejelzések szerepe a katasztrófa-elhárításban” címmel.

Májusi közgyűlésünkön tisztújításra is sor került. A közgyűlés megerősítette elnökünk mandátumát, és az újabb jelölést nem vállaló Major György helyett új főtitkárt választott. Alapszabályunknak megfelelően megújult a Tudományos Tanács, az Ellenőrző, a Fegyelmi és a Tudománytörténeti Bizottság. Tagjai harmadának kicserélődésével újjáalakult a Választmány. Hét eddigi tiszteleti tagunk mellé három újat választottunk. Korábbi hagyományainkat folytatva, Alapszabályunknak megfelelően a Közgyűlésen adtuk át szakmai kitüntetésünket. A közgyűléshez kapcsolódva előadást hallgattunk meg az OMSZ új szuperszámítógépről, ami a numerikus légkörmodellezés céljait szolgálja.

Régi hagyományok folytatásaként tartottuk meg tagtársaink jelentős érdeklődése mellett XXIX. Vándorgyűlésünket. Fonyód város vezetésének invitálására

a helyszínen emlékeztünk meg a település egykori híres lakójáról, Bacsák Györgyről, és a családtagok valamint a város vezetőinek jelenlétében felidéztek paleo-klimatológiai munkásságának legfontosabb eredményeit. Emellett a meteorológiai kutatások aktuális kérdéseiről hallgattunk meg előadásokat vezető magyar kutatóktól.

A nyári szünet után rendezte meg Levegőkörnyezet-gazdálkodási Szakosztályunk az MTA illetékes bizottságainak közreműködésével a IV. Levegőkörnyezeti Szimpóziumot.

Az évzáró ülésen Simon Antal társelnökünk megemlékezett a magyar meteorológia aktuális évfordulóiról, három tagtársunk pedig külföldi szakmai rendezvényeken szerzett tapasztalatairól számolt be.

Összegzésként megállapítható, hogy az öt nagyrendezvény mellett három központi szervezésű szakmai előadás hangzott el, továbbá egy-egy előadóülést szervezett az Orvometeorológiai Szakosztály és a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör. Fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy vészesen csökken az előadóülések száma, és a szakosztályi élet is sok szempontból élénkítésre szorul.

Itt szeretnék beszámolni a Róna Zsigmond Alapítvány helyzetéről. Társaságunk egyik alapítója és első elnöke tiszteletére lánya, Szabó Józsefné Róna Róza 1978-ban 100 ezer Ft-ot helyezett el bankbetét formájában, amelynek éves kamataiból tehetséges fiatal meteorológusok jutalmazásáról rendelkezett. A kamatokból kiadott pályadíj kezdetben egy fiatal egyhavi fizetésével volt egyenlő. Társaságunk vezetése az elmúlt évek során megduplázta a bankbetét összegét, a 200 ezer Ft viszont napjainkra mindössze 3-4 ezer Ft-os pályadíj kifizetését teszi lehetővé, mert a banki költségek a kamat többi részét felemésztik. Tavaly leköszönő főtitkárunk, Major György 100 ezer Ft-ot ajánlott fel arra a célra, hogy azt értékpapírban kell elhelyezni, és az éves kamatokból ki lehessen egészíteni a pályadíjat. Major György felajánlását ezúton is köszönjük. A felajánlott összeghez hozzávéve az évek során felhalmozott 100 ezer Ft növekményt Társaságunk vezetése úgy döntött, hogy saját vagyonunkból 800 ezer Ft-tal összesen 1 millióra egészítjük ki az összeget. Ennek eredményeként idén már a korábbi pályadíj mintegy 10-szeresével tudjuk a kiválasztott fiatal meteorológust jutalmazni.

Az Ellenőrző Bizottság is be fog számolni róla, hogy örvendetesen növekszik a tagdíjfizetési fegyelem, és ezzel párhuzamosan aktív a tagtoborzás is, így taglétszámunk annak ellenére sem csökken, hogy a több éves tagdíjmaradást felhalmozókat törölni vagyunk kénytelenek névjegyzékünkben.

Fontos esemény volt az év során, hogy az OMSZ mellé a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálat is jogi személyiséggel rendelkező tagjaink sorába lépett.

Elnökünk agilis főszerkesztői tevékenységének eredményeként töretlen színvonalon, és a megszokott tervszerűséggel jelenik meg az OMSZ-szal közös szakmai

folyóiratunk, a Légekör, amelynek példányait továbbra is eljuttatjuk tagjainkhoz.

Társaságunk az alapítás óta feladatának tekinti a magyar meteorológia hagyományainak ápolását, a méltó megemlékezést nagy elődeinkről és emléküket megfelelő ápolását. Ennek jegyében Simon Antal társelnökünk vezetésével tagtársaink javaslatot tettek az országos Kegyeleti Bizottság számára híres magyar meteorológusok sírhelyeinek védetté nyilvánítására. A Bizottság határidő nélküli védettséget adott Marczell György sírjának, és 30 éves védettséget Béll Béla és Dési Frigyes nyughelyének. A Bizottság munkája az Óbudai Köztemetőben és a Farkasréti Izraelita Temetőben folytatódik, ahol Réthly Antal ill. Róna Zsigmond sírjának védetté nyilvánítására tettünk javaslatot.

Társaságunk közhasznú szervezetként működik. Ennek jegyében

- Tudományos tevékenységet folytattunk szakmai rendezvények, előadói ülések szervezése formájában.
- Nevelési, oktatási, képességfejlesztési munkát végeztünk, figyelemmel kísértük az egyetemi meteorológusképzést és a tudományos diákköri tevékenységet, részt vettünk az Országos Tudományos Diákköri Konferenciák pályamunkáinak zsűrizésében. 2002-ben is kiadtuk az OTDK legeredményesebb meteorológus résztvevőjének Hille Alfréd Ifjúsági Díjunkt.
- Szolgáltuk kulturális örökségünk megővését, ápolunk elődeink emlékét, az aktuális évfordulók kapcsán rendszeresen megemlékeztünk híres magyar meteorológusok szakmai tevékenységéről, az országos szervezetek előtt kezdeményeztük nagyjaink emlékhelyeinek védetté nyilvánítását. Tudománytörténeti Bizottságunk tagjainak javaslatára tovább bővült az OMSZ Meteorológiai Múzeuma.
- Környezetvédelmi tevékenységünk keretében előadói üléseket és konferenciákat tartottunk a levegő-környezet-védelem aktuális szakmai kérdéseiről.

Kapcsolatunk a MTESZ-szel korrekt, a Szövetségi Tanács ülésein a Társaság elnöke rendszeresen részt vesz. Ugyanakkor nem hagyhatjuk szó nélkül, hogy a korábbi MTESZ hivatalvezetés hibás gazdasági döntései miatt a Szövetség jelentősen eladósodott, aminek most a tagegyesületek, így az MMT is szenvedő alanyaivá váltak. A MTESZ számos Technika Házát kénytelen eladni a felhalmozódott adósság törlesztése érdekében.

Kérem a Közgyűléstől a beszámoló elfogadását, és támogatást kérek vezetőségünk számára társasági életünk további aktivizálásához, hagyományaink folytatásához.

6. Számviteli beszámoló

Statisztikai számjel: 19815826-9112-529-41

A szervezet megnevezése: *Magyar Meteorológiai Társaság*

A szervezet címe: 1027 Budapest, Fő u 68.

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE 2002. ÉV

adatok E Ft-ban

Sorszám	A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1.	A. Befektetett eszközök	230	208
2.	I. IMMATERIÁLIS JAVAK	—	—
3.	II. TÁRGYI ESZKÖZÖK	230	208
4.	III. BEFEKTETETT PÉNZÜGYI ESZKÖZÖK	—	—
5.	IV. BEFEKTETETT ESZKÖZÖK ÉRTÉKHELYESBÍTÉSE	—	—
6.	B. Forgóeszközök	5.144	11.794
7.	I. KESZLETEK	—	5
8.	II. KÖVETELÉSEK	6	6
9.	III. ÉRTÉKPAPÍROK	3.993	10.995
10.	IV. PÉNZESZKÖZÖK	1.145	788
11.	C. Aktív időbeli elhatárolások	66	364
12.	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	5.440	12.366
13.	D. Saját tőke	4.584	11.038
14.	I. INDULÓ TŐKE/JEGYZETT TŐKE	1.042	1.042
15.	II. TŐKEVÁLTOZÁS/EREDMÉNY	3.542	2.748
16.	III. LEKÖTÖTT TARTALÉK	—	—
17.	IV. ÉRTÉKELESI TARTALÉK	—	—
18.	V. TÁRGYÉVI EREDMÉNY ALAPTEVÉKENYSÉGBŐL (KÖZHASZNÚ TEVÉKENYSÉGBŐL)	-773	7.248
19.	VI. TÁRGYÉVI EREDMÉNY VÁLLALKOZÁSI TEVÉKENYSÉGBŐL	—	—
20.	C. Céltartalék	0	0
21.	F. Kötelezettségek	856	1.328
22.	I. HOSSZÚ LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	241	1.156
23.	II. RÖVID LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	615	172
24.	G. Passzív időbeli elhatárolások	0	0
25.	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	5.440	12.366

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA 2002. ÉV

adatok E Ft-ban

Sorszám	A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1.	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	5.909	31.842
2.	1. Közhasznú célra, működésre kapott támogatás	214	238
3.	a) alapítótól	—	—
4.	b) központi költségvetésből	—	—
5.	c) helyi önkormányzattól	—	—
6.	d) egyéb, ebből 1% 214	214	238
7.	2. Pályázati úton elnyert támogatás	415	1.952
8.	3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	4.141	28.238
9.	4. Tagdíjból származó bevétel (egyéni és jogi)	681	902
10.	5. Egyéb bevételek	458	512
11.	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0
12.	C. Összes bevétel	5.910	31.842
13.	D. Közhasznú tevékenység ek ráfordításai	6.682	24.594
14.	1. Anyagjellegű ráfordítások	79	490
15.	2. Személyi jellegű ráfordítások	3.379	3.303
16.	3. Értékesítési leírás	71	205
17.	4. Egyéb ráfordítások	3.008	20.477
18.	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	145	119
19.	6. Rendkívüli ráfordítások	0	0
20.	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0
21.	1. Anyagjellegű ráfordítások	—	—
22.	2. Személyi jellegű ráfordítások	—	—
23.	3. Értékesítési leírás	—	—
24.	4. Egyéb ráfordítások	—	—
25.	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	—	—
26.	6. Rendkívüli ráfordítások	—	—
27.	F. Összes ráfordítás	6.682	24.594
28.	G. Adózás előtti eredmény	-773	7.248
29.	H. Adófizetési kötelezettség	0	0
30.	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény	0	0
31.	J. Tárgyévi közhasznú eredmény	-773	7.248

Tájékoztató adatok (E Ft-ban)

MEGNEVEZÉS	ÖSSZEG
A. Személyi jellegű ráfordítások	3.303
1. Bérköltség	1.431
ebből: – megbízási díjak	0
– tiszteletdíjak	0
2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	1.360
3. Bérjárulékok	512
B. A szervezet által nyújtott támogatások	1.202
ebből: A korm.rend. 16.§(5) bekezdése szerint kötelezettségként elszámolt és továbbutalt, illetve átadott támogatás	0

7. Alapszabályunk 21.§-a értelmében Társaságunk működését és gazdálkodását a vezető szervtől elkülönülten az **Ellenőrző Bizottság** felügyeli. A 2003. április 25.-i ellenőrzés megállapításai:

Az ülésen a Bizottság a vizsgált 2002. évről a szokásos évi ellenőrzést az MMT Titkárságán már gazdasági-lag lezárt adatok alapján vizsgálta.

A taglétszám 2002. dec.31-én 356 fő volt, a 24 fő új belépővel és 24 törölttel a létszám az előző évhez képest nem változott. A rendszeresen fizető tagok arány 80%, ami jónak mondható. 1 év elmaradása volt 52 főnek, 2 év elmaradása 16 és régebbi 2 főnek.

A Társaság gazdálkodása az előző évi 772,8e Ft negatívummal szemben 7.247,7e Ft pozitívummal zárult. Ebben döntő szerepet játszott az év elején megrendezett nemzetközi CARBO Konferencia, amely 8.130,4e Ft nettó bevétellel gazdagította a Társaság gazdálkodását. A működési bevételek 466e Ft-tal növekedtek, ezek közül kiemelkedő a MTESZ támogatás növekedése (500e Ft az MMT jubileumára és az MMT története kiadványra), +80e Ft a Pro Cultura Alapítvány támogatásból. A kiadások összege nem változott lényegesen, kb 5%-kal az infláció körül alakult. (Részletes kimutatás mellékelve.)

Az MMT szakmai tevékenysége – az előző évekhez hasonlóan alakult, megfelelt az alapszabályban lefektetett elveknek. A központi rendezvényekről a főtitkári beszámoló referált (12 rendezvény), ezen kívül egy egész napos szimpóziuma volt a Levegőkörnyezet-gazdálkodási szakosztálynak, egy előadás az Orvos-meteorológiai Szakosztályban és egy rendezvény volt a pécsi helyi csoportban. Változatlanul aktív tudományos élet folyt a Róna Zsigmond Körben.

Az Ellenőrző bizottság a könyvelési bizonylatokat és a leltári nyilvántartást rendben levőnek találta.

Kiegészítő táblázat az Ellenőrző Bizottság jelentéséhez

Bevételek:	2001	2002	Megjegyzés 2002 évhez
Működés:			
egyéni tagdíj	280,5	301,5	
jogi tagdíj	400,0	600,0	OMSZ, HM
SZJA 1%	214,2	237,6	
MTESZ támogatás	250,0	750,0	MMT történetre 500e
OMSZ támogatás	400,0	—	Jogi tagdíjjal
Pro Cult. Alapítvány tám.	70,0	150,0	Légkörre
OMFB utazás + tagdíj	94,8	500,0	CARBO konf
	csak tagdíjra	300,0	Vándorgyűlés
		95,0	EMS tagdíj
kamat	457,9	719,0	
Egyéb KH bevétel	1.746,2	727,3	
Működés összesen:	3.913,6	4.380,4	
Rendezvény	1.996,0	27.461,2	
Összes bevétel:	5.909,6	31.841,6	

Kiadások:	2001	2002	Megjegyzés a 2002 évhez
Működés			
anyag ktg.	79,3	141,2	
posta220,2	253,9		
pénzügyi, számviteli szolg.	—	350,0	Ebben az évben van külön soron
egyéb szolg.ktg.	422,2	163,3	
belf.kiküld.	2,9	3,9	
bér	1.250,0	1.431,1	
bérráruk	476,6	511,9	
könyvtalványok, díjak	115,0	201,5	
utazási támogatás	—	412,0	Ebben az évben van külön soron
ösztöndíjak	—	580,0	Ebben az évben van külön soron
repi	64,1	50,9	
étk. ktg.tér.	16,8	16,8	
ÉCS	70,1	205,1	
MTESZ tagdíj m ²	667,0	650,0	
bank ktg.	145,2	119,4	
egyebek	1.337,4	172,1	
EMS tagdíj	96,6	96,0	
Összes működési ktg.	4.963,4	5.263,1	
Rendezvényi kiadások	1.719,0	19.330,8	
Összes kiadás	6.682,4	24.593,9	
Működési eredmény:		-882,7	
Rendezvényi eredmény:		8.130,4	
Tárgyévi összeredmény:	-772,8	7.247,7	

8. Jelen közhasznúsági jelentést az MMT 2003. május 6.-i Közgyűlése elfogadta.

A 2003. évi TÁRSASÁGI DÍJAKKAL kitüntetettek névsora

STEINER LAJOS EMLÉKÉREM

Pusztainé H. Magdolna

SZAKIRODALMI NÍVÓDÍJ

Dr. Götz Gusztáv:

Káosz és prognosztika

RÓNA ZSIGMOND ALAPÍTVÁNY

2002. ÉVI KAMATAI

Zsótér Ervin

BERÉNYI DÉNES EMLÉKDÍJ

Dr. Szalai Sándor

A IV. Erdő és klíma konferencia Bakonybélben.

„Elegendő, ha az igazság egyetlen egyszer, egyetlen elmében megjelenik, és többé már semmi sem tudja megakadályozni abban, hogy mindent hatalmába ejtsen és mindent feléigessen.” Talán nem tűnik túlzásnak Pierre Teilhard du Chardin gondolatát idézni az 1994. évi noszvaji Erdő és klíma konferencia kiötlői kapcsán. Az erdeink állapotának javítása érdekében meghirdetett összefogás mind az erdészek, mind az ökológusok, mind a meteorológusok közül sok szakembert toborzott egy táborba. A konferenciáról megjelentetett kiadvány 40 előadás címét tartalmazza, a végén egy ajánlással, amely a 80 résztvevő közös véleményét tükrözte. Ez az ajánlás utalt a globális ökológiai rendszer korábbi egyensúlyának veszélyeztetettségére, s arra, hogy milyen nagy ebben az ember felelőssége. Talán a lényegyet leginkább a következő mondat fejezi ki: A problémák ismeretében újra kell fogalmazni az erdők és az erdőgazdálkodás szerepét és jelentőségét, mivel az erdő fontos tényező az élet számára kedvező klíma megőrzésében.

A második Erdő és klíma konferenciát három év elteltével rendezték meg Sopronban, amely iránt hasonló érdeklődés mutatkozott. Ennek a konferenciának a keretében avatták fel az egyetem botanikus kertjében Botvay professzor mellszobrát, a termőhely-ismerettan első nagyhírű professzorának 100. születési évfordulója alkalmából. A rendezvény értékelése során a Magyar Meteorológiai Társaság Választmányában fogalmazódott meg a vélemény, hogy

ebben a témában még sok lehetőség van, érdemes ezt az eszmecserét háromévenként megrendezni. Így került sor 2000-ben Debrecenben a harmadik, és 2003-ban Bakonybélben a IV. Erdő és klíma konferenciára, de ezenközben kialakult az a hagyomány is, mely szerint a helyszínt az ország keleti és nyugati felén váltakozva választjuk ki.

Bakonybél ideális helyszínnek bizonyult a konferencia megszervezéséhez. Amint ezt az Állami Erdészeti Szolgálat Veszprémi Irodájának igazgatóhelyettese, Bús Mária által vezetett az első esti sétánk alkalmával megtapasztaltuk, ez a település szervesen kapcsolódik a Bakony erdeihöz, még bencés hagyományaival is.

Az elhangzott előadások részben éghajlatunk múltjáról, jelenéről, általunk belátható jövőjéről, részben az erdő és az atmoszféra kapcsolatáról, az erdő mikroklímájáról, részben a meteorológiai ismeretek gyakorlati alkalmazási lehetőségeiről, illetve az ember által előidézett környezeti változások erdeinkre gyakorolt hatásáról szölk.

A központi témának talán a vizet jelölhetnénk meg, hiszen az előadásokban a legtöbbször erdeink vízgazdálkodásával kapcsolatos fogalmak jelentek meg. Szó esett az erdeink vízellátottságának változásairól, vízgazdálkodási szerepéről, a faállományokban, fegyedekben mozgó víz mennyiségi és minőségi változásairól, de még az energetikai témájú előadások is kapcsolódtak a vízforgalomhoz.

Örvendetes, hogy az előadások túlnyomó többségében meg lehetett találni a kapcsolódást a gyakorlathoz, s a szakmai kiránduláson is találkozhattunk a meteorológiai ismeretek gyakorlati alkalmazásának kitűnő példáival. Az előadások színvonalát, tudományos értékét a várhatóan ősszel megjelenő kötetből ismerhetjük meg, hiszen ez is hagyomány az erdő és klíma konferenciák történetében.

Amint bevezető előadás is a szakterületek találkozásairól és kölcsönhatásairól szölk, a három nap szinte a folyamatos párbeszéd jegyében zajlott. Június hatodikán, amikor elbúcsúztunk, minden meteorológus egy kicsit erdész, s minden erdész egy kicsit meteorológus is lett.

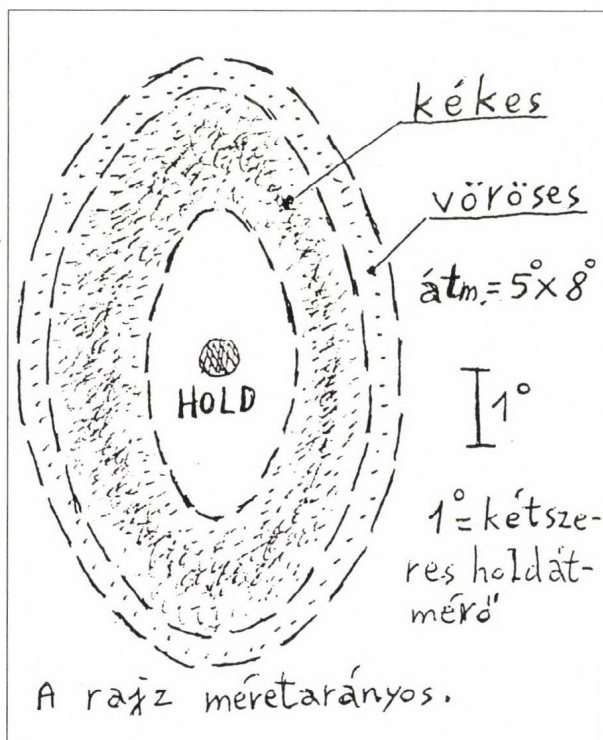
Vig Péter

Elliptikus korona (koszorú) jelenség

Szalontán, a Kossuth szobor melletti ünnepségről hazafelé tartva 2003. március 15-én este 17.30 GMT-kor ritka fényjelenséget, elliptikus gyűrűt pillantottam meg a kelet felől felvonuló Cirrostratus nebulosus felhőrétegen. Keletről kontinentális száraz, hideg levegő áramlott élénk szél kíséretében a Kárpát-medencébe. A csaknem teleholt közül mutatkozó gyűrű vízszintes

átmérőjét 5 foknak, függőleges átmérőjét 8 foknak mértem. A széles fényszalag belseje kékes színben erősen ragyogott, amit kívülről halvány vörös csík övezett (lásd a mellékelt rajzon). A szőnyeg-fátyolfelhő alját szinte elborították a hullósávok (virgák), azokon jöhetett végre a koszorújelenség egy igen ritka típusa, az elliptikus gyűrű. (Külföldi meteorológusok, csillagászok szintén észleltek néha ilyen fényjelenséget, melyekről különböző folyóiratokban számoltak be.)

A későbbiekben a jégkristályoknak vagy a mozgásiránya változott meg, vagy pedig az alakzatuk módosult, tény, hogy 18.20 GMT-re az elliptikus gyűrű sza-



bályos kerek formájú lett, és 3 fokra zsugorodott az átmérője. Később a Cirrostratus jelentősen elvékonyodott, ugyanekkor a gyűrű 19.10 GMT-re 6 fok méretűre nőtt, amely belül fényes, kék színű volt, kívül halványvörös. Negyed óra múlva a gyűrű külső átmérője 3 fokra csökkent, ám fényes maradt. 19.45 GMT-től a felvonuló vastag Altocumulus stratiformis a tünemény végét jelentette.

Az egyes halo- ill. korona-elemek megjelenése függ a jégzemcsék alakjától, méretétől, a sodródás közbeni elhelyezkedésétől és forgási irányától, amint azt számítógépes szimulációk révén sikerült a kutatóknak megállapítania. Érdemes tehát a nappali és teleholdas eget egyaránt gondosabban figyelni, ha fátyolfelhők vannak jelen.

Kósa-Kiss Attila
Szalonta

A 2002/2003-AS ÉV TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

December első hetében egy mediterrán ciklonnak köszönhetően borult, csapadékos, enyhe volt az idő, majd a tőlünk északra felépült anticiklon áramlási mezejébe kerülve, az északkeletről beáramló hideg levegő hatására téliesre fordult időjárásunk. Csaknem szilveszterig átlag alatt maradtak a napi hőmérsékletek. A leghidegebb napok 25-e és 26-a voltak, ekkor napközben sem emelkedett nulla fok fölé a hőmérő higanyszála. A hónap során –10 foknál alacsonyabb maximum is előfordult; a minimumhőmérsékletek pedig –4 és –28 fok között alakultak (nyugaton volt enyhébb a lehűlés). A decemberi átlagos hőmérséklet a 30 éves átlagnál 1,2 fokkal hidegebbnek, –1,1 foknak adódott.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 14,0 °C, Sopron, december 30.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: –28,3 °C, Zabar (Nógrád m.), december 26.

A december havi csapadékösszeg 37 mm-es országos átlaga 11 %-kal maradt alatta a szokásos értéknek. A hónap elején még többnyire eső esett. A hónap közepétől néhol még eső, ónos eső hullott, majd országszerte havazott. Ennek következtében hazánkban fehér volt a karácsony. Szilveszter előtt néhány nappal jelentősen megenyhült az idő, így a hó csaknem mindenütt elolvadt. *A hónap legnagyobb csapadékösszege: 81 mm, Felsőszölnök (Vas m.)*

A hónap legkisebb csapadékösszege: 20 mm, Boldogkőváralja (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 21,6 mm, Felsőszölnök (Vas m.), december 5.

Január első napjaiban enyhe volt az idő, a legmelegebb napunk a 3-a volt. A néhány napig tartó enyhe-ség után téliesre fordult időjárásunk. A leghidegebb hajnal 12-én és 13-án virradt ránk, amikor szeszélyes területi eloszlásban –7 és –27 fok közé hűlt le a levegő, sőt az északi lejtésű völgyekben néhol –29, –31 fokra süllyedt a hőmérséklet. A hideg elviselését nehezítette a sok helyen megerősödő szél is. A hónap közepén újból enyhülés kezdődött, amelyet megint borongós, ködös idő követett. Az utolsó héten a hó erős olvadásnak indult. A januári átlagos hőmérséklet az átlagnál egy fokkal hidegebbnek, –2,9 foknak adódott. A Dunántúlon volt enyhébb az idő. *A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 16,2 °C, Sellye (Baranya m.), január 3.*

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: –31,9 °C, Zabar (Nógrád m.), január 12.

A havi csapadékösszeg országos átlaga a szokásos érték körül alakult. A szokásostól eltérően az ország déli és keleti területeire volt jellemző nagyobb havi csapadékösszeg, míg a hegyvidékeken, az Alpoknál és az Északi-középhegységben lényegesen kisebb mennyiségben hullott csapadék. Január jellemző csapadéka a hó volt, a 27 csapadékos nap 70%-ában kizárólag hó hullott az ország területén. Különösen az északi régiókban fordult elő

szinte minden nap havazás illetve hózápor. Ennek következtében átlagosan mintegy 3 héten keresztül borította hó az országot. Eső, ónos eső a déli megyékre volt jellemző, de a csapadékos napoknak csak mintegy 30%-ában.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 110 mm, Dégaványa (Békés m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 21 mm, Kerecsend (Heves m.)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 40,6 mm, Dégaványa (Békés m.), január 7.

Februárban a napi középhőmérsékletek minden nap alatta maradtak a sokéves átlagértékeknek. Az országos átlaghőmérséklet a sokéves átlagnál mintegy 4°C-kal alacsonyabb volt, de még Budapest, (az ország legmagasabb havi átlaghőmérsékletű területe) is hidegebb volt csaknem 2°C-kal a megszokottnál. A hónap leghidegebb periódusa február 13–15-e között, legmelegebb időszaka pedig 20–22-e környékén következett be. Az ország túlnyomó részében a február mind a 28 napja fagyos napnak számított (amikor a napi minimumhőmérséklet $\leq 0^\circ\text{C}$), a hónapnak legalább fele volt téli nap (napi maximumhőmérséklet $\leq 0^\circ\text{C}$), és zord nap (napi minimumhőmérséklet $\leq -10^\circ\text{C}$) is jócskán előfordult a hónap során. Az északnyugati területeken volt a legkevesebb (1–6), a déli-délkeleti országrészben pedig a legtöbb (11–22) nap zord. A Dunántúlon, főleg az ország északnyugati csücskében volt enyhébb a hideg.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 11,6 °C, Sellye (Baranya m.), február 28.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: –25,7 °C, Zabar (Nógrád m.), február 14.

A havi csapadékösszeg országos átlaga a szokásos érték 65%-a körül alakult. Területi eloszlása eltért a szokásostól: míg Sopron és Mosonmagyaróvár környékén az átlagnak csupán 10%-a hullott le, addig a Dunától keletre az átlagosnál nagyobb volt a havi csapadékösszeg (Túrkevény 182%, Szarvason 173%). Február 4.–6. között az ország közelében örvénylő mediterrán ciklonból olyan mennyiségű hó zúdult hazánkra (az északnyugati országrészt kivéve), ami a hónap végéig sem tudott elolvadni. A hótakarós napok száma a főváros, az északnyugati- és a déli országhatár környezetének kivételével a legtöbb helyen 28 nap volt. Kékestetőn 76 cm-es hóvastagságot mértek február 12-én, de az Alföldet is 40 cm-es hó borította. Az időről időre megerősödő szél még elviselhetetlenebbé tette a hideg, havas időt.

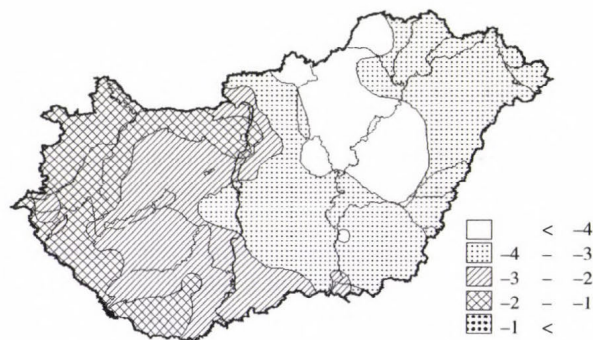
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 67 mm, Mátraszentimre (Heves m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: < 1 mm, Győrsövényház, Hédervár (Győr-Moson-Sopron m.)

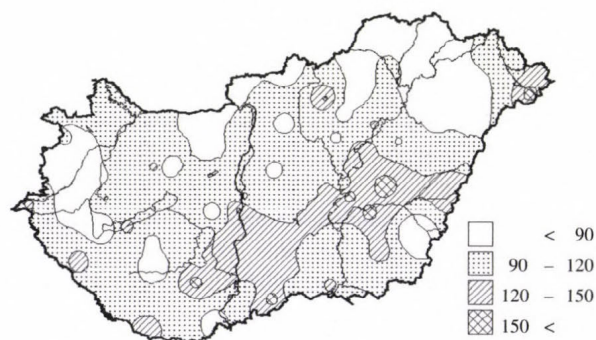
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 43,5 mm, Murakeresztur (Zala m.), február 4.

2002/2003. tél

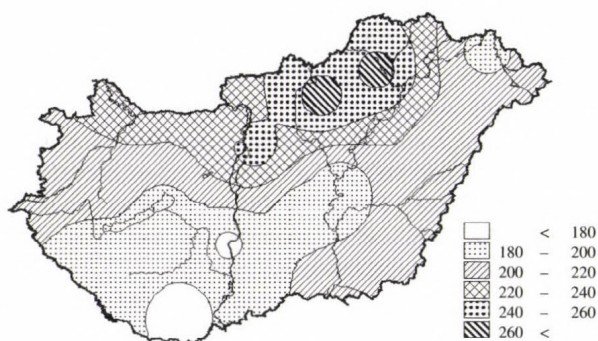
Állomások	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél viharos napok
	évsz.össz	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz	az átlag%-ában	1mm>napok sz.	
Szombathely	206	3	-1,7	-1,2	10,8	2003.02.27	-16,5	2003.01.12	80	93	19	6
Nagykanizsa	187	-16	-1,9	-1,9	16,1	2003.01.03	-19,0	2003.01.13	130	102	24	3
Győr	226	34	-1,3	-1,5	11,7	2003.01.03	-18,4	2003.01.09	110	107	22	3
Siófok	194	-5	-2,7	-2,9	8,7	2003.01.03	-21,5	2003.02.13	116	100	23	6
Pécs	168	-50	-1,8	-2,0	15,5	2003.01.03	-16,9	2003.01.13	93	80	21	1
Budapest	250	63	-2,2	-2,2	11,4	2003.01.03	-17,8	2003.01.13	104	101	27	2
Miskolc	267	121	-3,1	-1,5	11,8	2002.12.30	-16,9	2003.01.13	120	132	18	5
Kékestető	272	12	-5,3	-1,5	5,7	2003.02.28	-15,8	2003.01.09	153	95	27	16
Szolnok	184	-12	-3,8	-3,4	11,2	2003.01.03	-24,6	2003.01.13	113	116	20	–
Szeged	207	8	-3,3	-3,2	11,8	2003.01.03	-25,2	2003.01.13	126	136	21	1
Nyíregyháza	93	-77	-3,5	-2,2	9,5	2002.12.03	-17,6	2002.12.26	78	91	17	6
Debrecen	209	28	-3,6	-2,8	10,8	2002.12.04	-21,8	2003.01.13	95	86	18	1
Békéscsaba	230	35	-3,4	-2,9	11,2	2002.12.03	-23,1	2003.01.13	144	124	20	–



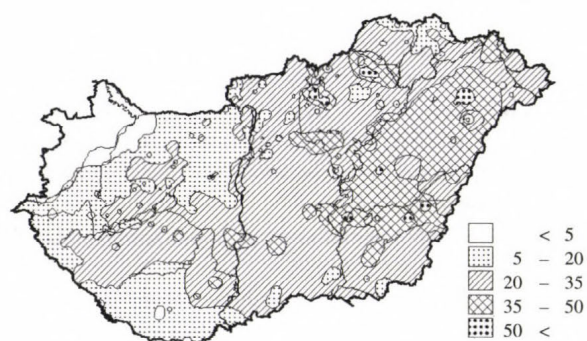
1. ábra: A tél középhőmérséklete °C-ban



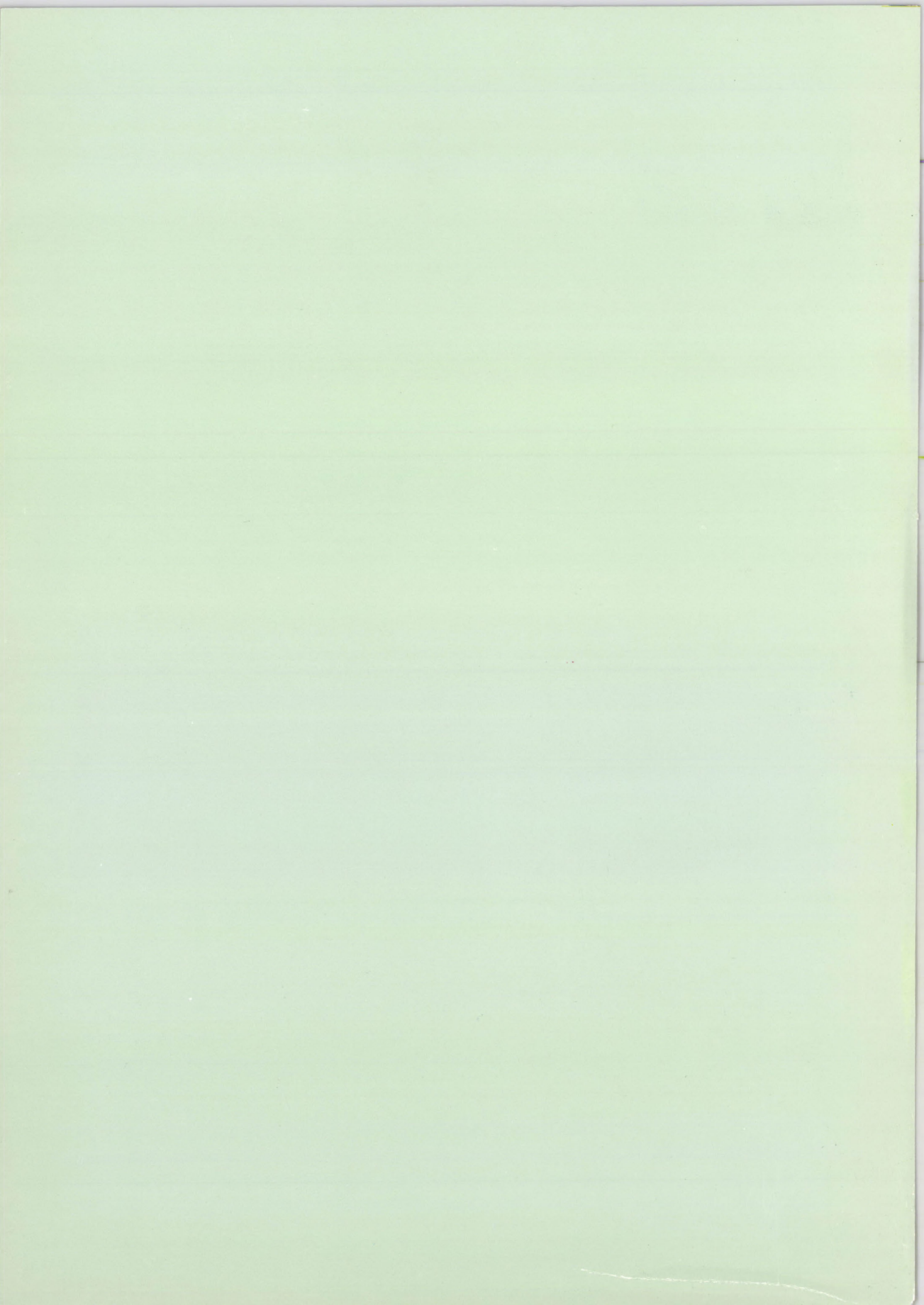
2. ábra: A tél csapadékösszege mm-ben



3. ábra: A tél napfénytartama órákban



4. ábra: A hóvastagság cm-ben 2003. február 12.-én



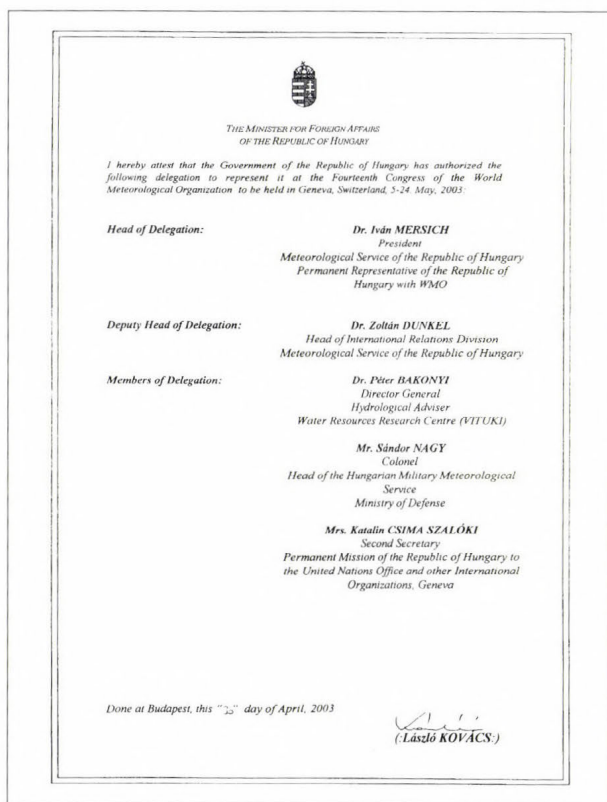
L É G K Ö R

XLVIII. évfolyam

2003. 3. szám



Képek a WMO 14. Kongresszusáról (Cikk a 24. oldalon)



A magyar küldöttség megbízólevele



A magyar delegáció táblája mögött Nagy Sándor ezredes és Szalókiné Csima Katalin követségi titkár



A magyar misszió vacsoráján Mersich Iván házigazda, Szalókiné Csima Katalin követségi titkár, Jan Zielinski lengyel igazgató



A kongresszus ülésterme



A résztvevők csoportképe



Michel Jarraud a WMO új főtitkára

Megjelenik negyedévenként

XLVIII. évfolyam
3. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bóna Márta
Dunay Sándor
Dr. Haszpra László
Hunkár Márta
Ihász István
Mezősi Miklós
Németh Péter
Schirokné Kriston Ilona
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Mersich Iván, az OMSZ elnöke

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

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1120 Ft

Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán

TARTALOM

A címlapon:
Balatoni vihar (Horváth Ákos felvétele)

Dr. Mersich Iván: Dr. Zách Alfréd ny. igazgató 1910–2003	2
Makra László, Helmut Mayer, Béczi Rita, Borsos Emőke: Szeged légszennyezettségének értékelése különböző módszerekkel	3
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 2. rész	8
Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye	13
Dr. Domonkos Péter: Miért fáztunk sokat 2002/2003 telén?	14
Kósa-Kiss Attila: A város határában	16
Makra László: Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére, III.	17
Dunkel Zoltán: Jelentés a Meteorológiai Világszervezet XIV. Kongresszusáról	24
Dr. Gyuró György: Tíz éves az új rendszerű doktori képzés	30
OLVASTUK: Forró foltok – élethelyek?	31
OLVASTUK: Az eső járása hosszú idő alatt	32
KISLEXIKON	33
OLVASTUK: Jelentés az ózonlyukról	34
Cirrus, cumulus, stratus	34
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	35
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 tavaszának időjárása	37
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 nyarának időjárása	39

DR. ZÁCH ALFRÉD ny. igazgató

1910–2003

Hozzá tartozóra, barátira emlékezni fájdalmas, legalább is ez az általános felfogás.

Az emlékeket felidézni, megemlékezni, a sebeket feltépni nehéz, mondjuk és hisszük is sokan.

De Frédi bácsi esetében ezek az általános vélekedések mintha nem lennének igazak. Az ő esetében talán ez a természetes. (Nem ez az egyetlen dolog, melyben eltért a megszokottól, az általánostól, az átlagtól.)

Hosszú életéből csak az utolsó harminc évet, nyugdíjas éveit követhettem nyomon. Ez a három évtized a külső megfigyelőnek aktívnak, szépnek, harmonikusnak tűnt. Kezdetben bámultam az „öregurat”, akinek mindenki felé volt egy jó szava, aki mindenkit ismert, akit minden érdekelt. Ahogy az évek haladtak előre, egyre többet tudtam meg róla, és egyre gyakrabban volt szerencsém vele beszélgetni. Bejött az „Intézetbe”. Végig látogatta az ismerősöket, megismerkedett az Újakkal. Érdeklődött. Friss, valóságos problémákat feszegetett, nem a múltat, hanem a jelent és a jövőt elemezte.

Kellemes beszélgető partner volt. Tudott meghallgatni, beleéltte magát a dolgokba és mindig tudta, hogy mikor jön el az ideje a búcsúzásnak. Életével is így volt. Ő maga készített fel bennünket a „sima átmenetre”, a jelenlétből a fizikai nemlétébe. Többször mondta: Ivánkám ilyen hosszan élni, az már terhes. Eleinte inkább egy mosollyal vegyes büszkeséggel, majd egyre komolyabban, egyre nagyobb meggyőződéssel tette ezt.

A betű öl, a lélek éltet, mondja Pál apostol. Nem tudom, hogy volt-e ars poétikája, de ez a mon-

dat lehetett volna az. Tudta a szabályokat, tudta a hivatalos utat, de még jobban ismerte és élte az emberi megoldásokat. A hosszas kilincselések helyett az illetékes titkárnőjének adott virágcsokor, a kedves mosoly, az emberi megnyilatkozás számos ajtót nyitott meg



előtte. A lélek, ami mint mondták, még „Amerikás” neveltetéséből fakadt, a kedély mely valószínűleg sajátja volt, éltette. Egybe fonódott benne és harmonikus egységet alkotott.

Frédi bácsi az örök optimista. Nem emlékszem arra, hogy kesergett volna. Nem láttam borúsnak. Azt hiszem ez is személyiségéből fakadt. Még a másoknak oly nehezükre eső öregkori műtéteket is a dolog pozitív oldaláról közelítette meg: „ha tudtam volna, akkor már tíz éve megcsináltattam volna” – mondta egyszer.

Szerette szakmáját. Ennek élt. Szervezte, építette, fejlesztette. Már tényleg koros volt, amikor még mindig friss ésszel és gondo-

latokkal „hirdette” a meteorológia szépségét, nagyszerűségét. Itt nem ismert pardont. E téren kemény volt. Személyes sértésként kezelte a szakmáját ért méltatlan bírálókat.

Jó szervező volt. A szolgálat számos épülete, képe, szobra hirdeti ügyességét. Érzéke volt a széphez. Abban az időben ki vett Kovács Margitot, pedig de szép ma a „KLFI” előterében.

A memóriája is nagyszerű volt. De egyszer azért őt is megcsalta. A kilencvenes évek közepén felmerült, hogy mégis csak jobban nézne ki a Kitaibel Pál utcai „palotán” (ő szokta mondani) a főbejárat fölött az angyalos címer, ahogy azt 1910-ben elhelyezték, de 1945 után eltávolították. Biztatott is, hogy a padláson lesz az. Hát nem volt. Pedig azt hiszem nagy örömet okozott volna neki is annak újra avatása.

Kedves Frédi bácsi már lassan kezdtem azt hinni, hogy Téged nem ér utol az örök emberi sors. De ha mégis utolér, akkor is felülmúlod nagy példaképedet „Réthly Tatát”. Nem sikerült, de hát azért minden még Neked se sikerülhet.

Isten Veled.

Dr. Mersich Iván

* * *

A 2003. május 22-én elhunyt Zách Alfréd temetésére – saját kérésére – szűk családi körben került sor a farkasréti Minden-szentek templomának urnacsarnokában.

Zách Alfrédot folyóiratunk szerkesztőbizottsága is gyászolja, mint a lap hosszú időn át fáradhatatlanul tevékenykedő tagját.

SZEGED LÉGSZENNYEZETTSÉGÉNEK ÉRTÉKELÉSE KÜLÖNBÖZŐ MÓDSZEREKKEL

1. Bevezetés

A levegőkörnyezetnek az emberre gyakorolt hatása számos problémát vet föl, melyek regionális léptékben jelentkeznek (pl. tájtervezés). Ahhoz, hogy ezeket a problémákat megoldhassuk, a humán biometeorológia módszereinek az alkalmazására van szükség (Mayer, 1993). A humán biometeorológiai komponensek közül regionális skálán a termikus indexek, vagyis az ember energiamérlegén alapuló termikus komponens (pl. a fiziológiai ekvivalens hőmérséklet, azaz physiological equivalent temperature = PET) (Matzarakis and Mayer, 1997; Matzarakis et al., 1999; 2000), valamint a levegőminőség (Mayer et al., 2002a; 2002b) játszik fontos szerepet. E tényezőkre megfelelő becslést kell adni. Az egyes légszennyező anyagoknak a levegőminőség elemzéséhez szükséges határértékei mindenütt ismertek. Németországban statisztikai alapú ún. „levegőterhelési indexek”-et, illetve hatás alapú (azaz az emberre gyakorolt hatást reprezentáló) ún. „levegőminőségi indexek”-et dolgoztak ki. Magyarországon a levegőminőség értékelésével kapcsolatosan kevés tanulmány született (pl. Makra és Horváth, 2001.). Jelen tanulmány célja kettős: egyrészt az említett indexek meghatározásának rövid bemutatása, másrészt a szegedi adatbázisra kapott eredmények elemzése.

2. Módszerek

Az egyes légszennyező anyagok levegőminőségi határértékeire általában nemzeti szabályok léteznek. Európában az EU irányelvekben foglaltakat kötelesek a tagországok, illetve a tagjelöltek átvenni. (A dolgozatban az EU következő

irányelveit vettük figyelembe. Kén-dioxid, nitrogén-dioxid, *PM₁₀: 1999/30/EC direktíva; szén-monoxid: 2000/69/EC direktíva; ózon: 2002/3/EC direktíva.) Azonban ezek a határértékek nem elégségesek a levegőminőség becsléséhez (ami pl. a tervezők részéről fölmerülő állandó igény), mely nem korlátozódik mindössze egyetlen légszennyező anyagra. Ebből adódóan légszennyező anyagok koncentráció adatai alapján különböző indexeket fejlesztettek ki. Ezek az indexek két csoportba sorolhatók (Mayer et al., 2002a). Az első csoportba olyan indexek tartoznak, amelyek csupán statisztikai formulák, s nincs közvetlen kapcsolatuk az ember kényelmi érzetével és egészségével. Ezek alapvetően a levegő szennyezőanyag-tartalmát jelzik, következésképp levegőterhelési indexeknek (air stress indices = ASI) nevezik őket. Ezek a következő formula segítségével határozhatók meg:

$$ASI = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{R_i} \right] \quad (1)$$

ahol a szimbólumok leírását az 1. táblázat tartalmazza.

A tervezési alapú ASI₁ levegőterhelési indexet – mely átlagos terhelésre vonatkozik – a stuttgarti Környezetvédelmi Hivatal Városklíma Osztályán fejlesztették ki. Formulája a következő:

$$ASI_1 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{C(SO_2)}{20 \mu g / m^3} + \frac{C(NO_2)}{40 \mu g / m^3} + \frac{C(PM_{10})}{40 \mu g / m^3} + \frac{C(benzol)}{5 \mu g / m^3} \right) \quad (2)$$

ahol C az adott légszennyező anyag koncentrációjának évi középértéke (μg/m³); a nevezőben található referencia érték pedig az adott légszennyező anyag koncentrációjának évi határértéke az EU irányelvek szerint.

A szintén tervezési alapú – rövid tartamú – ASI₂ levegőterhelési indexet ugyancsak a stuttgarti Környezetvédelmi Hivatal Városklíma Osztályán fejlesztették ki. Formulája a következő:

$$ASI_2 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{N(SO_2)}{24} + \frac{N(NO_2)}{18} + \frac{N(PM_{10})}{35} + \frac{N(CO)}{1} \right) \quad (3)$$

ahol N az adott légszennyező anyag határérték túllépéseinek évi száma, a nevező pedig az adott légszennyező anyag megengedett határérték túllépéseinek a száma az EU irányelvek szerint (Mayer et al., 2002a).

1. táblázat. A levegőterhelési indexek leírása az (1) formulában átlagos terhelés (év, nap), illetve rövid tartamú terhelés esetén

paraméter	átlagos terhelés (év, nap)	rövid tartamú terhelés
<i>n</i>	a figyelembe vett légszennyező anyagok száma	a figyelembe vett légszennyező anyagok száma
<i>C_i</i>	az i-edik légszennyező anyag adott időtartamra vonatkozó átlagkoncentrációja	az i-edik légszennyező anyag rövid időtartamú átlagkoncentrációja határérték-túllépéseinek száma egy év során
<i>R_i</i>	az i-edik légszennyező anyag adott időtartamra vonatkozó átlagkoncentrációjának határértéke	az i-edik légszennyező anyag rövid időtartamú átlagkoncentrációja megengedett határérték-túllépéseinek száma egy év során

Az ASI_1 és ASI_2 indexek kategóriáit, azok minősítését és terjedelmét a 2. táblázat tartalmazza (Mayer et al., 2002a). A 2. táblázat első két satírozott sorában az ASI_1 és ASI_2 együttes kiindulási feltételei mellett a levegőminőséget öt kategóriába soroltuk. A 6. kategóriát pedig az ASI_1 és ASI_2 3. és 4. satírozott soraiban található kritériumai alapján adtuk meg (Mayer et al., 2002a).

A Karlsruhében működő Baden-Württembergi Szövetségi Környezetvédelmi Intézetben kidolgozták az ASI_{S_z} levegőterhelési indexet, melynek formulája a következő:

$$ASI_{S_z} = \frac{C(SO_2)}{350 \mu g/m^3} + \frac{C(CO)}{10 mg/m^3} + \frac{C(NO_2)}{200 \mu g/m^3} + \frac{C(O_3)}{180 \mu g/m^3} + \frac{C(PM_{10})}{50 \mu g/m^3} \quad (4)$$

Az S_z alsó kitevő arra utal, hogy az indexet szegedi adatbázisra alkalmazzuk. $C(SO_2)$, $C(NO_2)$, és $C(O_3)$: legmagasabb napi egyórás átlagok ($\mu g/m^3$), $C(CO)$: legmagasabb napi nyolcórás mozgó átlag (mg/m^3), $C(PM_{10})$: napi átlag ($\mu g/m^3$); a határértékek EU irányelvek.

2. táblázat. A levegőminőség becslése az ASI_1 és ASI_2 értékei alapján (Mayer et al., 2002a).

ASI_1 : egyetlen légszennyező anyag adott időtartamra (év, nap) vonatkozó átlagkoncentrációja sem lépi túl a megfelelő (évi, napi) határértékét		
ASI_2 : egyetlen légszennyező anyag rövid időtartamú átlagkoncentrációja évi határérték túllépéseinek a száma sem haladja meg a megengedett évi határérték túllépéseinek a számát		
Kategória	minősítés	terjedelem
I	nagyon alacsony levegőterhelés	$ASI_1, ASI_2 < 0,2$
II	alacsony levegőterhelés	$0,2 \leq ASI_1, ASI_2 < 0,4$
III	mérsékelt levegőterhelés	$0,4 \leq ASI_1, ASI_2 < 0,6$
IV	határozott levegőterhelés	$0,6 \leq ASI_1, ASI_2 < 0,8$
V	erős levegőterhelés	$ASI_1, ASI_2 \geq 0,8$
ASI_1 : legalább egy légszennyező anyag adott időtartamra (év, nap) vonatkozó átlag-koncentrációja túllépi a megfelelő (évi, napi) határértékét		
ASI_2 : legalább egy légszennyező anyag rövid időtartamú átlagkoncentrációja évi határérték túllépéseinek a száma meghaladja a megengedett évi határérték túllépéseinek a számát		
VI	szélsőséges mértékű levegőterhelés	független ASI_1 és ASI_2 értékétől

Az ASI_{S_z} kategóriái és azok terjedelme a 3. táblázatban található

3. táblázat Az ASI_{S_z} kategóriái és azok terjedelme

kategória	terjedelem
I	$ASI_{S_z} < 0,5$
II	$0,5 \leq ASI_{S_z} < 1,1$
III	$1,1 \leq ASI_{S_z} < 1,7$
IV	$1,7 \leq ASI_{S_z} < 2,3$
V	$2,3 \leq ASI_{S_z} < 2,9$
VI	$ASI_{S_z} \geq 2,9$

A hatás alapú indexek – melyeket levegőminőségi indexeknek hívnak – képezik az indexek második csoportját, melyeket a levegőminőségi komponens becsléséhez fejlesztettek ki. Az ilyen index nagyon ritka, mivel nehéz mennyiségileg jellemezni a légszennyező anyagok hatását az ember kényelmi érzetére és egészségére. A levegőminőségi indexek meghatározásához a következő légszennyező anyagok koncentrációinak ismeretére van szükség: SO_2 , CO , NO_2 , O_3 , és PM_{10} . A figyelembe vett légszennyező anyagok koncentrációit adott terjedelmű kategóriákba soroljuk. Magát a levegőminőségi indexet azon legmagasabb

sabb index kategóriával jellemezzük, amelybe a figyelembe vett légszennyező anyagok valamelyike tartozik. Az emberre gyakorolt hatást a különböző légszennyező anyagok kategóriái, s azok terjedelme mutatják, melyeket epidemiológiai és toxikológiai kutatások alapján határoztak meg.

A Freiburgi Egyetem Meteorológiai Intézetében, valamint a Freiburgi Veszélyes Anyagok Kutató és Tanácsadó Intézetében egy új, hatás alapú – napi adatbázisra épülő – levegőminőségi indexet (Daily Air Quality Index = $DAQx$) fejlesztettek ki, illetve tesztelték (Mayer et al., 2002a; 2002b). Mivel a későbbiek során a $DAQx$ értékeket részletesen elemezni fogjuk, ezért nem elegendő a 4. táblázat alapján egyszerűen megadni, hogy mely kategóriákba tartoznak, hanem azokat pontosan meg kell határozni, ami interpolációval történik. Ahhoz, hogy lineáris interpolációt hajthassunk végre az egyes index kategóriák között, a $DAQx$ értékét minden egyes légszennyező anyagra kiszámítottuk a következő formula segítségével:

$$DAQx = \left[\left(\frac{DAQx_{up} - DAQx_{low}}{C_{up} - C_{low}} \right) * (C_{inst} - C_{low}) \right] + DAQx_{low} \quad (5)$$

ahol C_{inst} az SO_2 , NO_2 , illetve az O_3 legmagasabb napi egyórás koncentrációja, a CO koncentráció legmagasabb napi nyolcórás mozgó átlaga, valamint a PM_{10} koncentráció napi átlaga; C_{up} az adott légszennyező anyag koncentrációját tartalmazó intervallum felső, C_{low} az alsó végpontja (4. táblázat); $DAQx_{up}$ a C_{up} -hoz tartozó, $DAQx_{low}$ a C_{low} -hoz tartozó $DAQx$ érték (4. táblázat).

3. Adatbázis

A vizsgálat adatbázisát a szeged-belvárosi monitoring állomás légszennyező anyagainak (SO_2 , NO_2 , CO , O_3 , PM_{10}) 30 percenként rögzített koncentráció adatai képezték az 1997-2001 közötti öt évre vonatkozóan (5. táblázat).

4. táblázat. Az adott légszennyező anyag koncentrációját tartalmazó intervallum meghatározása a DAQx értékek és DAQx kategóriák megállapítása céljából, beleértve az egyes kategóriák minősítését (Mayer et al., 2002a; 2002b)

SO ₂ (µg/m ³)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	DAQx érték	DAQx kategória	minősítés
0–24	0,0–0,9	0–24	0–32	0,0–9,9	0,5–1,4	1	nagyon jó
25–49	1,0–1,9	25–49	33–64	10,0–19,9	1,5–2,4	2	jó
50–119	2,0–3,9	50–99	65–119	20,0–34,9	2,5–3,4	3	megfelelő
120–349	4,0–9,9	100–199	120–179	35,0–49,9	3,5–4,4	4	elégséges
350–999	10,0–29,9	200–499	180–239	50,0–99,9	4,5–5,4	5	rossz
≥1000	≥30,0	≥500	≥240	≥100	≥5,5	6	nagyon rossz

5. táblázat. Az ASI₁ és ASI₂ kiszámításához szükséges légszennyező anyagok meglévő monitoring adatai a teljes adatbázisuk százalékában kifejezve, %

Év	¹ SO ₂	¹ NO ₂	² PM ₁₀	³ PM ₁₀	⁴ CO
1997	6,11	67,24	85,56	83,56	90,14
1998	78,38	89,01	73,20	73,15	88,49
1999	99,81	95,53	72,76	72,60	99,18
2000	98,90	89,34	99,01	98,08	98,36
2001	98,65	98,95	96,36	95,07	98,08

¹egyórás átlagok (az ASI₁ és ASI₂ kiszámításához)

²egyórás átlagok (az ASI₁ kiszámításához)

³napi átlagok (az ASI₂ kiszámításához). Adathiány esetén csupán abban az esetben számítottuk ki, ha egy adott napon legalább 20 db egyórás átlag állt rendelkezésre.

⁴legmagasabb napi nyolcórás mozgó átlag. Adathiány esetén csupán abban az esetben számítottuk ki, ha egy adott napon legalább 20 db egyórás átlag állt rendelkezésre.

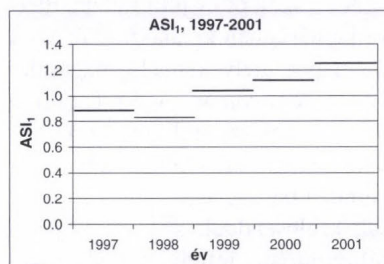
4. Eredmények

Mivel az ASI₁ kiszámításához szükséges benzolt nem méri a monitoring állomáson, a (2) formula zárójelén belül szereplő negyedik összeadandót elhagytuk. Az SO₂ adatbázisa nagyon hiányos volt 1997-ben. Emiatt erre az évre mind az ASI₁-et, mind az ASI₂-t a maradék két, illetve három paraméter alapján számítottuk.

Az ASI₁ értékei szigorúan monoton emelkednek a vizsgált időszakban, míg az ASI₂ időbeli menete nem mutat egyirányú változást (1-2. ábra).

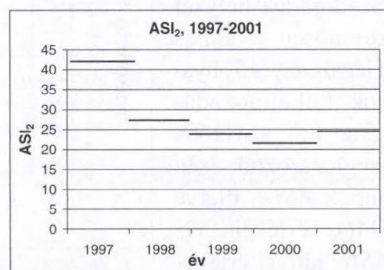
Az ASI₁ és ASI₂ értékei alapján becsültük Szeged levegőminőségét, meghatároztuk annak kategóriáit (2. táblázat). Ha csupán az ASI₁, illetve csupán az ASI₂ értékeit tekintjük, akkor Szeged erős levegőterheléssel jellemezhető mind az öt vizsgált évben (V. kategória). Ha viszont elvégezzük a további vizsgálatokat, akkor egyrészt a PM₁₀ koncentrációja (az ASI₁ kiszámításakor vettük figyelembe) mind az

öt vizsgált évben túllépi éves határértékét, másrészt mind a PM₁₀, mind a CO esetében (az ASI₂ kiszámításakor vettük őket figyelembe) a tényleges éves határérték túllépések száma mind az öt évben többszörösen meghaladja a meg-



1. ábra.

Az ASI₁ évi értékei, 1997-2001



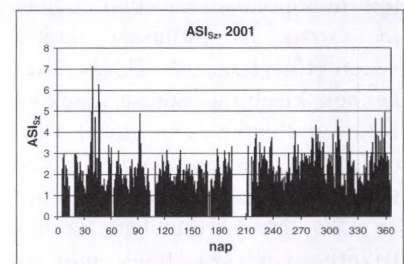
2. ábra.

Az ASI₂ évi értékei, 1997-2001

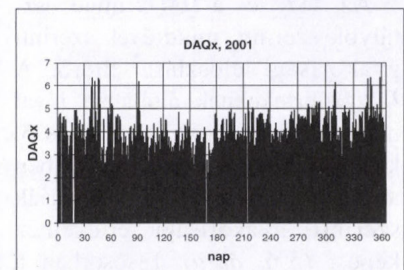
engedett éves határérték túllépések számát. Következésképp – az ASI₁, illetve az ASI₂ értékeitől függetlenül – Szeged belvárosának levegőminőségét szélsőséges mértékű levegőterhelés jellemzi (VI. kategória), amit tehát alapvetően a PM₁₀ és a CO rendkívül magas koncentrációi okoznak (2. táblázat).

A levegőminőség értékelésére kifejlesztett indexek részletesebb jellemzése céljából a monitor állomás vizsgált ötéves napi adatbázisa alapján meghatároztuk mind az ASI_{Sz}-nek – mint levegőterhelési indexnek –, mind a DAQx-nak – mint levegőminőségi indexnek – az évenkénti menetét és gyakorisági eloszlásait. Az ASI_{Sz} – lévén statisztikai alapú, ún. levegőterhelési index – értékeit a vizsgált ötéves (1997-2001) napi adatbázis alapján hat kategóriába soroltuk (3. táblázat).

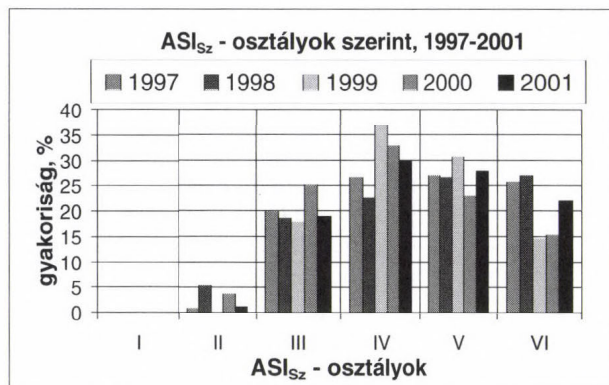
Kiszámítottuk mind az ASI_{Sz} levegőterhelési index, mind a DAQx levegőminőségi index napi értékeit a vizsgált ötéves időszakra, melyek közül a 2001. évi értékeket mutatjuk be grafikusán (3-4. ábra). Az ábrákon az üres szakaszok az adathiányt jelzik. A fokozott terhelést mutató – III.



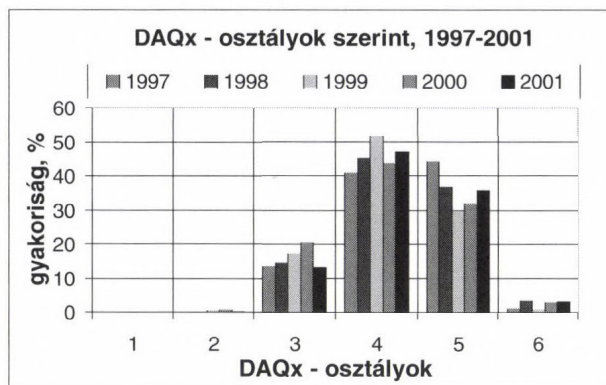
3. ábra. Az ASI_{Sz} levegőterhelési index évi menete, 2001



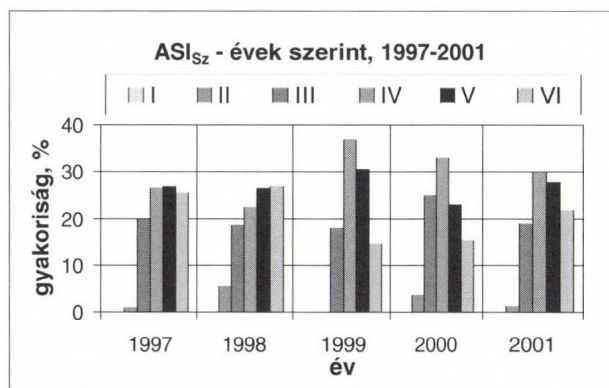
4. ábra. A DAQx levegőminőségi index évi menete, 2001



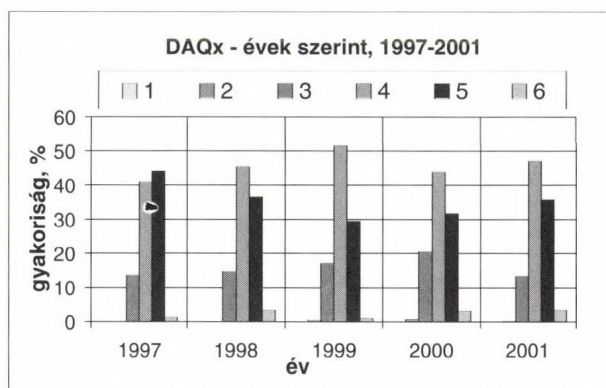
5a. ábra. Az ASI_{S_z} értékek osztályok szerinti gyakorisági eloszlása, 1997-2001



6a. ábra. A $DAQx$ értékek osztályok szerinti gyakorisági eloszlása, 1997-2001



5b. ábra. Az ASI_{S_z} értékek évek szerinti gyakorisági eloszlása, 1997-2001



6b. ábra. A $DAQx$ értékek évek szerinti gyakorisági eloszlása, 1997-2001

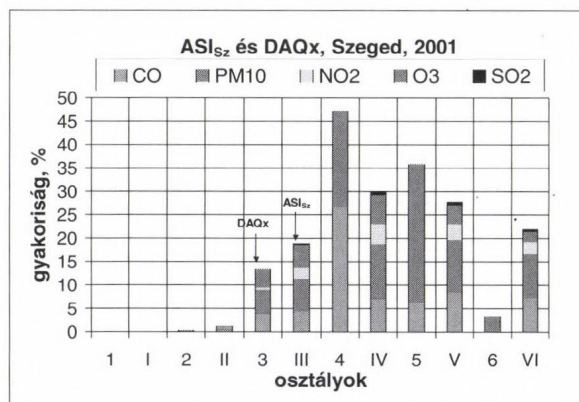
kategóriát meghaladó – ASI_{S_z} értékek, valamint a csúcserőteljesen a téli félévben, illetve a téli hónapokban koncentrálódnak (3. ábra). Ez időjárási okokra vezethető vissza. A $DAQx$ értékeknek kisebb a szórása. Ezeknél is kimutatható a csúcserőteljesen a téli félévben, de ez nem olyan karakterisztikus, mint az ASI_{S_z} értékek esetében. Ez arra vezethető vissza, hogy míg az ASI_{S_z} értékek skálája lineáris, a $DAQx$ értékeké nem (4. ábra).

Az ASI_{S_z} és a $DAQx$ mind osztályok szerinti, mind évek szerinti gyakorisági eloszlása eltérő. A $DAQx$ értékeknek általában jóval nagyobb a gyakorisága a 4. és 5. kategóriákban és kisebb a többiben az ASI_{S_z} megfelelő I-VI. kategóriák szerinti gyakorisági értékeihez képest (5-6. ábra). Elsősorban a szén-monoxid és a PM_{10} a felelős a $DAQx$ kategóriák gyakorisá-

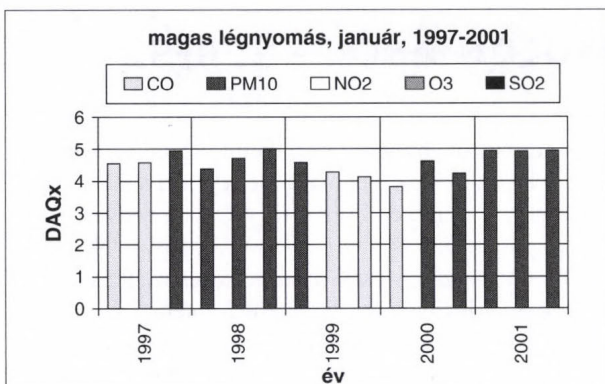
gainak megváltozásáért, melyeket a 2001. évi adatokkal szemléltetjük (7. ábra).

A vizsgált öt év júliusában, illetve januárjában kiválasztottuk azt a 3-3 napot, melyeken a legmagasabb volt a légnyomás. Azért ezeket a napokat választottuk, mert ezekhez általában derült időjárás társul zavartalan besugárzással, szélszéllel, s túlnyomóan lefelé irányuló vertikális légmozgásokkal. Ez az időjárási helyzet különösen alkalmas a légszennyező anyagok felhalmozódására. Ezt követően meghatároztuk ezen napok ASI_{S_z} , illetve $DAQx$ értékeit. Az ASI_{S_z} júliusi értékeiben a PM_{10} , az ózon és a szén-mo-

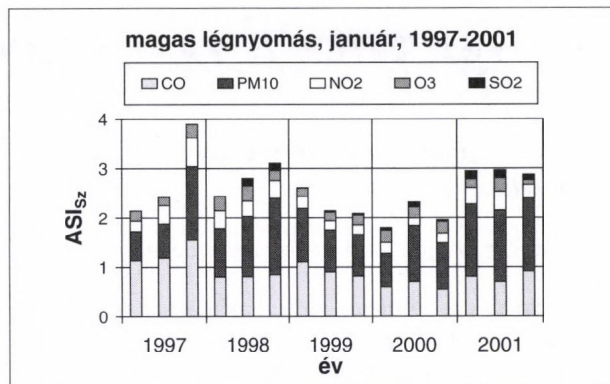
noxid részaránya a legjelentősebb, míg januári értékeit alapvetően a CO és a PM_{10} koncentrációk határozzák meg (8a, 8c. ábra). A $DAQx$ értékek kiszámításakor júliusban a vizsgált 15 nap közül 10 napon a PM_{10} , 3 napon az O_3 és 2 napon a CO tartozott a legmagasabb index-kategóriába. Ugyanakkor januárban



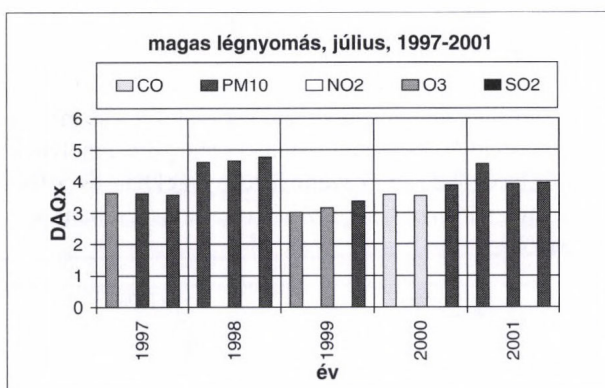
7. ábra. Az ASI_{S_z} és $DAQx$ értékek gyakorisági eloszlása osztályok szerint, a bennük szereplő légszennyező anyagok részesedésével együtt, 1997-2001



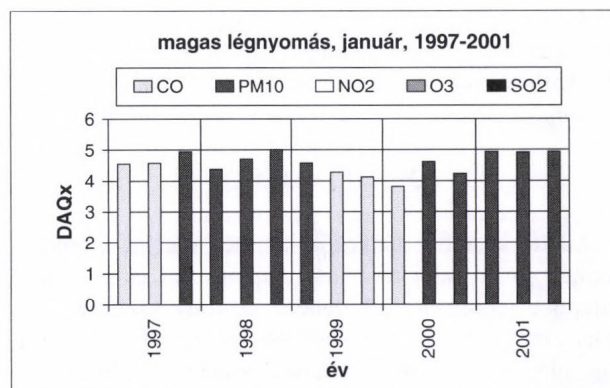
8a. ábra. A légszennyező anyagok részesedése 3-3 kiválasztott nap ASI_{Sz} értékeiben, július, Szeged



8c. ábra. A légszennyező anyagok részesedése 3-3 kiválasztott nap ASI_{Sz} értékeiben, január, Szeged



8b. ábra. 3-3 kiválasztott nap $DAQx$ értékei, július, Szeged



8d. ábra. 3-3 kiválasztott nap $DAQx$ értékei, január, Szeged

10 napon a PM_{10} , 5 napon pedig a szén-monoxid adta a legmagasabb indexkategóriát (8b, 8d. ábra). Ezek az eredmények összhangban vannak jelen tanulmány korábbi következtetéseivel, miszerint a PM_{10} és a szén-monoxid – határértékeiket többszörösen meghaladó – koncentrációi lényegesen befolyásolják Szeged levegőminőségét.

5. Összegzés

Elteltek az egyes légszennyező anyagok határértékeitől, mind a levegőterhelési indexek, mind a levegőminőségi indexek lehetővé teszik a levegőminőség további értékelését, mely elsősorban nem az egyes légszennyező anyagokra korlátozódik. A levegőterhelési indexek, vagy a levegőminőségi indexek alkalmazása a kutatás céljaitól függ.

Az ASI_1 és ASI_2 indexek időbeli menete nem egyértelmű. Bár az ASI_1 értékeinek ötévi menete emel-

kedő tendenciát mutat, sem az ASI_1 , sem az ASI_2 indexek időbeli menete nem szignifikáns. Az átlagos (évi) levegő terhelés magas értékei ($ASI_1 \approx 1$), valamint a rövid tartamú levegőterhelés rendkívül magas értékei ($ASI_2 > 20$) magas légszennyezettség terhelést jeleznek Szeged belvárosában.

Mind az ASI_{Sz} , mind a $DAQx$ értékek vizsgálata a PM_{10} és a szén-monoxid által előidézett magas légszennyezettség terhelésre utal. A PM_{10} és a CO vizsgált jellemzői – melyek többszörösen meghaladják a rájuk vonatkozó EU direktívákban megadott határértékeket – lényegesen módosítják Szeged belvárosának levegőminőségét.

¹Makra László,

²Helmut Mayer, ¹Bécsi Rita,

¹Borsos Emőke,

¹Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

²Meteorological Institute University of Freiburg

Hivatkozások

- Makra, L. és Horváth, Sz. (2001): A levegőszennyezettség becslése Szegeden. *Légekör*, **46/4**, 14-18.
- Matzarakis, A. and Mayer, H. (1997): Heat stress in Greece, *International Journal of Biometeorology*, **41**, 34-39.
- Matzarakis, A., Mayer, H., and Iziomon, M.G. (1999): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature, *International Journal of Biometeorology*, **43**, 76-84.
- Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer, H. (2000): Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures, *WCASP-50, WMO/TD No. 1026*, 273-278.
- Mayer, H. (1993): Urban bioclimatology, *Experientia*, **49**, 957-963.
- Mayer, H., Kalberlah, F., Ahrens, D. and Reuter, U. (2002a): Analysis of indices for the assessment of the air (in German), *Gefahrstoffe-Reinhal tung der Luft*, **62**, 177-183.
- Mayer, H., Kalberlah, F. and Ahrens, D. (2002b): TLQ – Am impact related air quality index obtained on a daily basis, *Proc. Fourth Symposium on the Urban Environment, Norfolk, VA (USA)*, 80-81.

FEJEZETEK A VÁROSKLIMATOLÓGIÁBÓL – 2. RÉSZ

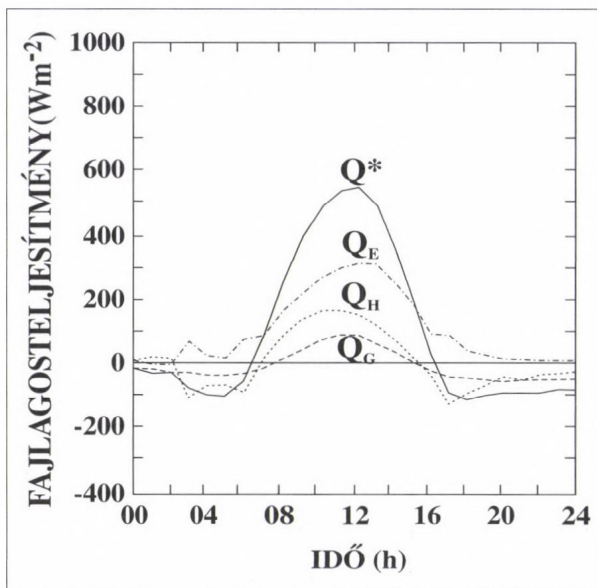
1. Az energiaegyenleg természetes és városi területeken

1.1. Természetes felszínek energiaegyenlege

A természetes területek egyenlegének sajátosságait a felszínre jutó sugárzási energia mennyisége szabályozza, amelyben nappal a rövidhullámú sugárzás* dominál, éjszaka pedig csak a hosszuhullámú sugárzás* játszik szerepet. A felszín energiatöbbletét (vesztését) – vagyis a teljes sugárzási mérleget (Q^*) – a talaj irányába (irányából) történő hőszállítás (Q_G), valamint a légkör irányába (irányából) történő konvektív szállítású érzékelhető (Q_H) és látens hőszállítás (Q_E) vezeti el (pótolja).

$$Q^* = Q_H + Q_E + Q_G$$

Adott esetben a tényezők konkrét arányát a felszín természete, a talaj termális tulajdonságai és a légkör állapota (főleg a turbulencia szintje) szabályozza. Alacsony növényzettel borított és öntözött felszín egyenlegében (1. ábra) a nappali sugárzási többlet 80-90%-a a levegőbe jut, de az éjszakai hosszuhullámú sugárzási veszteséget nagyrészt a talajban tárolt hő fedezi és csak kisebb részben (10-50%) a légkör irányából jövő hőszállítás (amelynek az oka az ekkor visszafogottabb mértékű turbulens aktivitás).



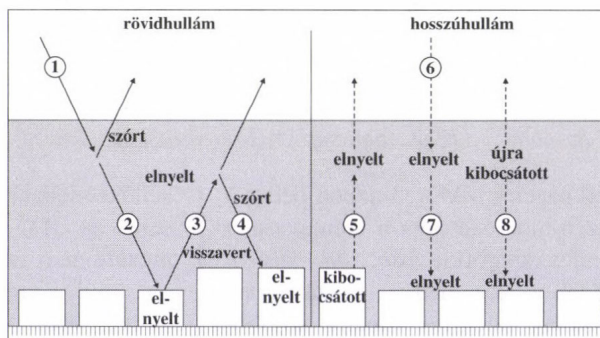
1. ábra.

Az energiaegyenleg tényezőinek napi menete egy öntözött füves területen szeptemberben (Hancock, Wisconsin) (Oke, 1982)

A turbulens hőszállításon belül az érzékelhető és látens hő arányának megoszlása nagyrészt a felszín nedvességének mértékétől függ. Ha a felszín nedves, akkor az evapotranspiráció elérheti a maximálisan lehetséges 100%-ot, nagysága csak a rendelkezésre álló energiamennyiségtől függ, vagyis ekkor a látens hő aránya a döntő. A felszín nedvességének csökkenésével a sugárzási többlet egyre nagyobb része fordítódik a felette lévő levegő felmelegítésére, vagyis a Q_H szerepe megnő a Q_E rovására.

1.2. Városi területek sugárzási mérlege és energiaegyenlege

A városnak jelentős módosító hatása lehet a sugárzási mérleg rövid- és hosszuhullámú összetevőire, amelynek okai a levegőben lévő szennyezőanyagokban és a felszín megváltozott sugárzási tulajdonságaiban keresendők.

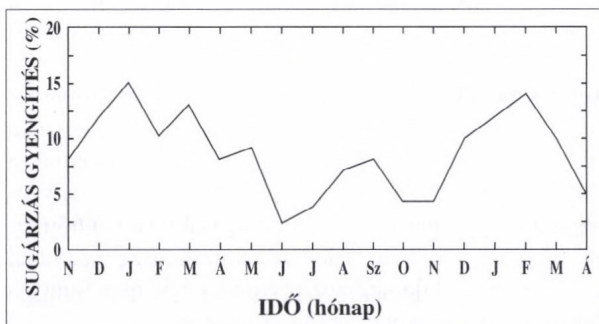


2. ábra.

A rövid- és hosszuhullámú sugárzási folyamatok általánosított szerkezete a szennyezett városi határrétegben (Oke, 1982)

A beérkező (1) és a felszínről visszaverődő (3) napsugárzás a külterületekhez képest erősebben gyengül a szennyezett városi légkörben (2. ábra). A felszín rövidhullámú sugárzási bevétele ($K\downarrow$), amely a direkt és szórt sugárzásból (2), valamint a légkör által visszatérítettből (4) áll, általában 2-10%-kal kevesebb a városban. Nyáron az intenzívebb feláramlások, a turbulens átkeveredések és a fűtés hiánya miatt a kisebb, télen viszont a magasabb értékek a jellemzőek (3. ábra). A reggeli és délutáni órákban az alacsonyabb napmagasság miatt a sugarak hosszabb utat tesznek meg a szennyezettebb városi levegőben, ezért ekkor nagyobb a sugárzási veszteség, mint délben. Bécsi mérések szerint a városnak a környezetéhez viszonyított besugárzási vesztesége 30°-os napmagasságnál 15-21%, de a veszteség 29-36%-ra nő, ha a napmagasság 10°-ra csökken.

Megkülönböztethető a hullámhossz szerinti veszteség is, amely szerint a rövidebbektől (ultraibolya) a hosszabbakig (infravörös) csökken a veszteség mértéke (1. táblázat). Azonban a városban az albedó* általában 0,05-0,10-dal alacsonyabb, mint a közepes szélességek vidéki területein, vagyis kisebb a visszavert rövidhullámú sugárzás ($K\uparrow$), amit részben az építési anyagok színe és télen a hótakaróval való borítottság mértéke, részben a tagolt felszín (utcák, házak) hatására csapdába eső napsugarak következménye. Így a két hatás eredményeképpen a rövidhullámú sugárzási mérleg (K^*) városi és vidéki értékeiben nem mutatkozik túlságosan nagy különbség.



3. ábra. A beérkező rövidhullámú sugárzás gyengítésének menete a légszennyezés következtében (Montreal, 1965. nov. - 1967. ápr.) (Kuttler, 1998a)

1. táblázat. A beérkező rövidhullámú sugárzás hullámsáv szerinti %-os megoszlása a városban és a külterületen (Párizs és környéke) (Landsberg, 1981)

Hullámsáv	Városközpont	Külterület
ultraibolya	0,3	3,0
ibolya	2,5	5,0
látható	43,0	40,0
infravörös	54,0	52,0

Hasonlóan, egymást kioltó folyamatok lépnek fel a hosszúhullámú sugárzás esetében is (2. ábra). A szennyezett levegő és a városi felszín kicsit kisebb kibocsátó képességét a hősziget ellensúlyozza, ugyanis a magasabb hőmérsékletű felszín egy megnövelt kisugárzást eredményez (5). Ennek jelentős része elnyelődik a szennyezett rétegben és visszasugárzódik a felszínre a bejövő égbolt-sugárzás (6) egy részével együtt (7), emellett a hősziget feletti meleg levegő is bocsát ki sugárzást (8). Éjszaka ez az egyesített hosszúhullámú bevétel egy kicsit nagyobb a városban, mint a külterületen és esetleg nappal is nagyobb maradhat a napsugárzás által felmelegített szennyezőanyagok miatt. Tehát az urbanizáció hatására megnő mind a hosszúhullámú bevétel ($L\downarrow$), mind a kiadás is ($L\uparrow$), ezért a hosszúhullámú sugárzási mérlegek (L^*) különbsége nem nagy.

A fentiekből következően a teljes sugárzási mérlegnek (Q^*) a város és a külterület közötti különbsége nem jelentős, általában 5%-nál kevesebb. Számszerű példaként a 2. táblázatban szereplő értékek szolgálnak.

2. táblázat. A sugárzási mérleg tényezői és az antropogén hőtermelés (Q_F) (Wm^{-2}) a városban és környékén a nap különböző időpontjaiban nyáron (Cincinnati, Ohio)

	Központi üzleti negyed			Környező vidék		
	08h	13h	20h	08h	13h	20h
$K\downarrow$	288	763	–	306	813	–
$K\uparrow$	42	120	–	80	159	–
L^*	-61	-100	-98	-61	-67	-67
Q^*	184	543	-98	165	587	-67
Q_F	36	29	26	–	–	–

A teljes városi határréteg (UBL) viszonylatában a városi felszín és a felette lévő levegő közötti – területileg átlagolt – energia-csere folyamatokat kell figyelembe venni. Ekkor a „felszín” a városi tetőréteg (UCL) és az UBL közötti határfelületet jelenti. Az itt keresztülhaladónak tekintett energiaáramlás nem más, mint az egyes UCL-egységekről (tetők, fák, gyepek, utak, stb.) kiinduló áramlások összegzése egy nagyobb területű, adott beépítettségi típussal jellemzett városrészre. Egy ilyen városrésznyi felszín közepe tájára vonatkozó energiaegyenleg a következőképpen alakul (ha az advektív hatástól el lehet tekinteni):

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S$$

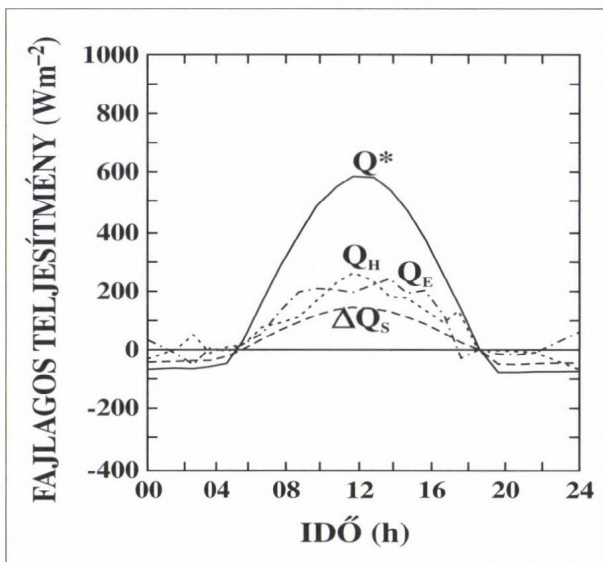
ahol Q_F – az antropogén hőtermelés és ΔQ_S a hőtárolás változása.

A Q_F tényezőt ki lehet következtetni, ha a fűtőanyag-felhasználás térbeli és időbeli mennyisége és eloszlása rendelkezésre áll, közvetlenül azonban nem lehet meghatározni a terepi mérések során. Ezért a gyakorlatban megmért energiaegyenlegek ezt a tagot nem tartalmazzák elkülönülten, hanem hatása a többi tényező egyikében-másikában jelentkezik. A mérsékelt égövben nyáron a Q_F tényező tipikus napi átlaga az elővárosi $5 Wm^{-2}$ -től a belvárosi $50 Wm^{-2}$ -ig ingadozik. Ezek az értékek a legtöbb esetben a mérési hibahatáron belülre esnek, ezért elhanyagolhatónak tekinthetők. Északi fekvésű, vagy nagyon sűrű beépítettségű városok esetében azonban a Q_F szerepe felértékelődik, ezért ott feltétlenül számításba kell venni (3. táblázat). Pl. Moszkva, Montreal és Manhattan esetében az átlagos éves értékek nagyobbak, mint a teljes sugárzási mérleg. A magas értékek a nagy lakósűrűség vagy az egy lakóra jutó nagy energiafelhasználás következményei. Az alacsony szélességeken fekvő Hong Kong és Szingapúr

esetében viszont a Q_F elhanyagolható mértékű. Az antropogén hőtermelés napi menetében kimutatható egy reggeli és egy késő délutáni-kora esti csúcs, évszakosan pedig egy téli (hidegebb éghajlatokon a fűtés miatt) vagy egy nyári (melegebb éghajlatokon a hűtés miatt) csúcs.

3. táblázat. A teljes sugárzási mérleg (Q^*) és az antropogén hőtermelés (Q_F) átlagértékeinek összehasonlítása különböző városok esetében (Oke, 1988 és Kuttler, 1998a után)

Város	Időszak	Q^* (Wm^{-2})	Q_F (Wm^{-2})	Lakó-sűrűség (fő/ km^2)	Energia-felhasználás ($MJ \times 10^3$ /fő)	Vizsgált időszak
Fairbanks (64°É)	év	18	6	550	314	1967-75
Reykjavik (64°É)	év	90	35	2.680	1.100	1992
Sheffield (53°É)	év	56	19	10.420	58	1952
Moszkva (56°É)	év	42	127	7.300	530	1970
Ny-Berlin (52°É)	év	57	21	9.830	67	1967
Chorzów (50°É)	év		82			1965
Vancouver (49°É)	év	57	19	5.360	112	1970
Budapest (47°É)	év	46	43	11.500	118	1970
	nyár	100	32			
	tél	-8	51			
Montreal (45°É)	év	52	99	14.102	221	1961
	nyár	92	57			
	tél	13	153			
Manhattan (40°É)	év	93	159	28.810	169	1967
	nyár		53			
	tél		265			
Oszaka (35°É)	év		26	14.600	55	1970-74
Los Angeles (34°É)	év		21	2.000	331	1965-70
Hong Kong (22°É)	év	~110	4	37.200	34	1971
Szingapúr (1°É)	év	~110	3	3.700	25	1972



4. ábra.

Az energiaegyenleg tényezőinek napi menete egy elővárosi területen (Vancouver, Kanada) (Kalanda and Oke, 1980)

Az elővárosi energiaegyenleg tényezőkre bontását, illetve azok napi menetét a 4. ábra szemlélteti. Figyelemre méltó az a tény, hogy az érzékelhető és a látens

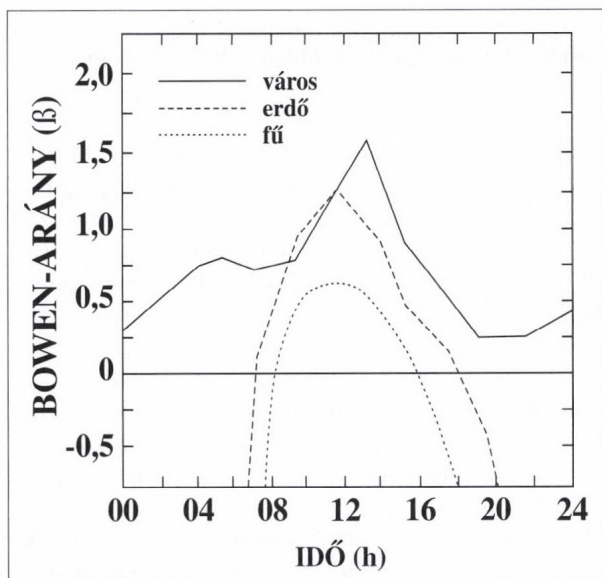
hőáramlás egymáshoz nagyon hasonló mértékű a nappal folyamán, tehát a párolgás nagysága (és az arra fordított energiamennyiség) egyáltalán nem jelentéktelen.

A belvárosi energiaegyenleg tényezőinek nappali menetében két érdekesség tapasztalható. A délután második felében a Q_H csökkenése – bizonyos késéssel – a Q^* csökkenését követi, valamint a Q_H az éjszaka folyamán is pozitív (a légkör felé irányuló) maradhat. Általánosságban megállapítható az is, hogy a látens hő szerepe a vidéki területekhez képest tovább csökken, de nagysága távolról sem elhanyagolható (4. táblázat). A táblázatból az is kitűnik, hogy a város hőtárolásának változása (ΔQ_S) általában jelentősen nagyobb, mint a külterületé, amely néhány építési anyagnak a természetes felszínhez képest valamelyest jobb hővezető képességével és nagyobb hőkapacitásával magyarázható. Ennek a jelentősége hangsúlyosabb az éjszaka folyamán, amikor a tárolási tényezőnek a városban és a külterületen is nagyobb szerepe van az energiaegyenlegben és így fontossá válhat a magasabb városi hőmérséklet fenntartásában. A hőtárolás különbsége azonban csak részben tulajdonítható az előzőeknek, igen fontos a felszínnek eltérő geometriai felépítése is.

4. táblázat. Az energiaegyenleg összetevőinek tipikus arányai az átlagos napi sugárzási mérleghez viszonyítva a külterületen, az elővárosban és a belvárosban (Oke, 1982)

Beépítettség típusa	$\Delta Q_S/Q^*$	Q_H/Q^*	Q_E/Q^*
külterület	0,15	0,28	0,57
előváros	0,22	0,39	0,39
belváros	0,27	0,44	0,29

Az előzőek szerint a külterületi és városi felszínnek eltérő energiaegyenleggel jellemezhetők, aminek oka nagyrészt a rendelkezésre álló nedvesség különbségeiben keresendő. Ha mindkettő nedves (pl. csapadékhulláskor vagy utána), akkor az eltérések kicsik. Száraz időszakban viszont a város egyre inkább az érzékelhető hő egy viszonylagosan nagy helyi forrásává válhat (noha a városi területek öntözése mérsékelheti, vagy akár meg is fordíthatja ezt a tendenciát). Az energiaegyenlegben az érzékelhető és látens hő szerepét szemléletesen fejezi ki az ún. **Bowen-arány** ($\beta = Q_H/Q_E$), melynek kimutatható napi változása van. Az 5. ábra két külterületi zöldfelület és egy városi felszín Bowen-arányát hasonlítja össze. A külterületen negatív értékek is fellépnek, méghozzá kora reggel, este és főleg éjszaka. A nappali órákban a β előjele pozitív, maximumát dél körül éri el és ekkor általában $Q_H < Q_E$, tehát az arány az 1-t nem, vagy csak rövid időre éri el. A városban az érték ellenben egész nap pozitív és több órán keresztül nagyobb 1-nél.



5. ábra. Különböző felszínnek Bowen-arányainak napi menete (Kuttler, 1998b)

Összességében megállapítható, hogy az urbanizáció hatására az energiaegyenlegben az érzékelhető és a tárolt hő szerepe megnő a látens hő rovására. Az 5. táblázat számszerűsített összefoglalást nyújt a nappali összetevőkről egy kb. egy millió lakosú város és környezete esetében. A valóságban az értékek széles spektrumáról van szó, a közölt adatok csak tájékoztató jellegű, átlagos értékek.

5. táblázat. A teljes sugárzási mérleg és az energiaegyenleg tényezőinek értékei (Wm^{-2}) egy hipotetikus városban és környezetében (közepes szélességen fekvő egymillió város, derült és szélcsendes napon délben). A külváros lakóövezet kb. 50%-os zöldfelülettel, a belváros pedig egy sűrű beépítettségű vegyes (kereskedelmi és lakó) övezet 10-20%-os zöldfelülettel. (Oke, 1988)

	Külterület	Külváros	Belváros
$K\downarrow$	800	776	760
$K\uparrow$	160	116	106
K^*	640	660	654
$L\downarrow$	350	357	365
$L\uparrow$	455	478	503
L^*	-105	-121	-138
Q^*	535	539	516
Q_F	0	15	30
Q_H	150	216	240
Q_E	305	216	158
ΔQ_S	80	122	148
albedó	0,20	0,15	0,14
emisszivitás	0,96	0,95	0,95
felszín-hőmérséklet	300 K	304 K	308 K

2. Városi területek vízmérlege és eltérései a természetestől

A természetes felszínek talaj-növény-levegő rétegének, mint rendszernek a vízmérlegét a következő egyenlet írja le.

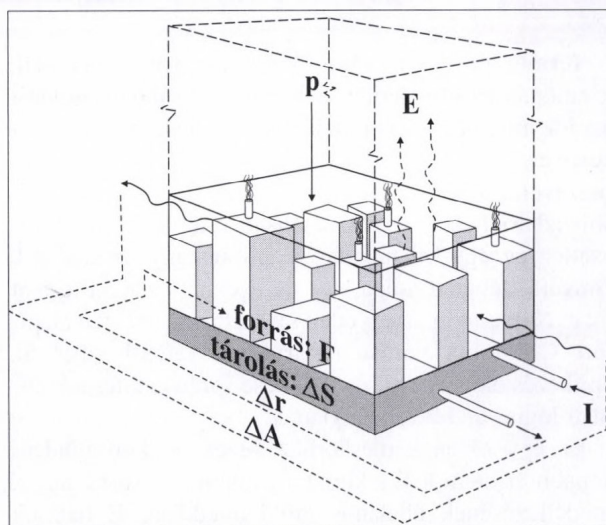
$$p = E + \Delta r + \Delta S + \Delta A$$

ahol p – csapadék, E – a párolgás, Δr – a nettó lefolyás, ΔS – a réteg nedvességtartalmának változása és ΔA – az advekcio útján a rétegbe oldalirányból belépő vagy kilépő (levegőben szállítódó) vízcseppek és vízpára nettó mennyisége. A bevételi oldalt az öntözés is támogathatja, amely egy újabb tényezőt képviselhet az egyenlet bal oldalán, valamint a harmatképződés is, amely konvektív szállítást jelent a levegőből a felszín felé (vagyis ekkor az E negatív).

A városi felszín talaj-épület-növény-levegő rendszerének vízmérlege a természeteshez képest néhány újabb taggal bővül:

$$p + F + I = E + \Delta r + \Delta S + \Delta A$$

ahol F – az antropogén folyamatok által a városi légtérbe jutó víz és I – a folyókból, víztározókból és egyéb víznyerő helyekről a városba szállított víz (6. ábra). Az antropogén tényező (F) egyrészt az ipari termelésnél, a közlekedésnél és a háztartásoknál végbemenő égési folyamatok melléktermékeként felszabaduló vízpárát jelenti, másrészt a hőerőműveknél és különböző ipari folyamatoknál alkalmazott hűtőtornyok és hűtőtavak által nagymértékben megnövelt párolgás révén keletkező víz is ide tartozik.



6. ábra. A városi felszín (réteg) vízmérlegének tényezői vázlatosan (Oke, 1987)

A távolabbi vidékekről vagy mélyebb rétegekből (pl. rétegvíz) a rendszerbe szállított vízre (I) a lakossági, ipari és egyéb (pl. turisztikai, pihenést elősegítő) fel-

használók megnövekedett igénye miatt van szükség, amelyeket a város területén található víznyerő helyek már nem, vagy nem megfelelő szinten (pl. szennyezettség miatt) tudnának csak kielégíteni.

A városi vízmérleggel kapcsolatos további részletek e folyóirat egy korábbi számának hasábjain már publikálásra kerültek (Unger és Gulyás, 2000), ezért az ismétlések elkerülése érdekében azokat nem tárgyaljuk újra.

3. A városklíma kutatás módszerei és rövid történeti áttekintése

Annak a kérdésnek az eldöntésére, hogy milyen módszert érdemes alkalmazni, ez részben attól függ, hogy milyen nagyságú (léptékű) az a terület, amelyre a vizsgálat irányul, részben pedig attól, hogy milyen klímaparamétereket kívánunk megfigyelni az adott területen. A szükséges eszközöket, a megfelelő méretarányokat és a hozzájuk tartozó felbontásokat a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat. A városklíma kutatás területi irányultsága, a vizsgálat tárgya és az ehhez kapcsolódó eszközök jellege, valamint a felbontás és a méretarány (Fezer, 1995)

	Város és vonzás-körzete	Város	Városnegyed	Épület(tömb), utca, udvar	Fal, ablak
klímaelem	köd és felhőzet, csapadék	hősziget	szélmező	kitettség, bioklíma	energiaáramlás, szellőzőttség
állomások	Meteorológiai szolgálat, állandó állomások	állandó és időleges hálózat			
felszíni jármű	városi vonat	gépkocsi	kerékpár	gyalog	
repülő jármű	Műhold	repülőgép	helikopter	kikötött ballon	
felbontás (m)	200	25	10	2,5	0,1
méretarány	1:250.000	1:25.000	1:5000	1:1000	1:100

Természetesen a város klímamódosító hatásának kimutatására elméletileg a legoptimálisabb megoldást az jelenthetné, ha korábbi adatok állnának rendelkezésre az eredeti, természetes területről és ezeket lehetne összevetni a későbbi, az urbanizáció által már befolyásolt adatokkal. Erre potenciálisan csak nagyon ritkán, esetleg az egy-két újonnan alapított nagyvárosnál (pl. Brasíliá) lehetett volna szó, de ezeknél ez nem történt meg. Napjainkig az egyetlen kivételt az 1967-ben alapított Columbia városa (Maryland) jelenti, ahol az építkezés előtt és a város fejlődése során is kiterjedt klimatológiai méréseket folytattak.

Ez egy olyan kérdéskörhöz vezet, amikor mindenképpen érinteni kell a klímára gyakorolt városi hatások modellezésének általános problematikáját. E hatások számszerűsítve mindig a településen belül és a külterületen észlelt értékeknek a különbségeként értelmezendők. Meglévő város esetén csak az egyidejű városi és környékbeli – egyébként azonos feltételek melletti – mérésekből származó adatokat lehet felhasználni az összehasonlításra. Az ezzel kapcsolatos alapmodell szerint a

mért városi paraméterek (pl. hőmérséklet) M értékei három elem összegzett eredményeként állnak elő:

$$M = C + L + U$$

ahol C – a terület háttérklímájának mérési adataiból származik, L – a földrajzi elhelyezkedés (topográfia, vízfelület, stb.) sajátosságainak befolyásoló hatásaiból adódik, U – pedig az összetett városi környezet (területhasználat, anyag, geometria, épülettömeg, épületmagasság, városon belüli elhelyezkedés, stb.) eredőjét jelenti.

Az ókor óta ismert az a tény, hogy a városok levegője különbözik környezetüktől. Már Hippokratész (i.e. 5.sz.) utalt a rossz városi levegőre, amely szerinte egészségkárosító hatású az emberre nézve. Tehát az urbanizáció legkorábban felismert következménye a levegő összetételének megváltozása volt. A manufaktúrák megjelenése idején, főleg a hűvösebb régiók településein nyilvánvalóvá vált a – főleg a faszenet felváltó nagymennyiségű kőszén elégetése következtében fel-

lépő – légszennyeződés. Az angol Evelyn 1661-ben így írt erről: „Mert miközben mindenütt máshol az ég derült és a levegő tiszta, itt a világosságot hozó Napot elhomályosítja a kénből képződött felhő, amin a sugarak alig képesek áthatolni. A kimerült utazó még mielőtt meglátná úticélja városát, már több mérfölddel előbb megérzi annak szagát.” 1750-ben a London feletti füsttéget már 100 km-ről is lehetett látni.

A tudományos meteorológia kezdetének a 17. század végét lehet tekinteni, amikor néhány helyen megkezdődtek a rendszeres, műszerekre alapozott észlelések. Ennek eredményeképpen a város és a környékének meteorológiai elemei között felismerhető különbségek jelentek meg a mért adatokban. 1783-ban a német Deuer Mannheimben a külváros és a botanikus kert között 6°C-os különbséget talált egy igen hideg téli éjszakán. A városi éghajlat alapvető jellegzetességeinek felismerése és az első városklíma leírás Howard angol kémikusnak tulajdonítható, aki 1818-ban megjelent monográfiájában a londoni éghajlat és légszennyeződés sajátosságait tárgyalta. Maga a városklíma kifejezést elsőként a német Stifter használta 1843-ban. A francia Renou 1862-ben Párizs példáján keresztül megerősítette a város és környezete között fennálló hőmérsékleti eltérést. 1909-ben berlini vizsgálatai révén a német Kremser először állapította meg, hogy a légnedvesség és a szél is módosulásokat szenved.

Jelentős előrelépésnek számított az, amikor az oszt-rák Schmidt 1927-ben Bécsben biciklire, majd autóra

szerelhető műszerekkel többször átszelte a város különböző beépítettségű területeit, hogy összehasonlítható adatokat gyűjtsön. Ez az eljárás – városi és városkörnyéki állomások méréseivel kiegészítve – a mai napig is használatos módszer. A városklímáról az első nagy összefoglaló alapmű 1937-ben jelent meg a német *Kratzer* révén, akit ennek tiszteletére azóta is a „városklimatológia atyja” elnevezéssel illetnek. A könyvet bővített formában 1956-ban újra kiadták. A város hőmérsékleti többletére utaló „hősziget” kifejezés 1958-ban honosodott meg az angol *Manley* nyomán. 1981-ben az amerikai *Landsberg* jelentetett meg egy kitűnő könyvet e témában, amely ma is nagyon fontos referenciaműnek számít.

Az elmúlt jó három évtized kutatásaira a kanadai *Oke* munkássága van a legnagyobb hatással. Erre az időszakra az a jellemző, hogy egyre több modell készül, amelyek megpróbálják reprodukálni a város sokrétű sugárzási-energetikai viszonyait, valamint magas tornyok, kikötött ballonok, lassan emelkedő rádiószondák és helikopterek felhasználásával a városi légtér meteorológiai paramétereinek függőleges eloszlásáról is gyűjtik az adatokat. A repülőgépes és műholdas sugárzásmérések, valamint a felszínre vonatkozó egyéb távérzékelési adatok is hasznos adalékkal járulnak hozzá az elemzésekhez. Mind nagyobb hangsúlyt kap a városlakók komfortérzetének vizsgálata is, amely arra irányul, hogy az emberre mennyire jelent több vagy kevesebb megterhelést a meteorológiai és légszennyeződési paraméterek városi megváltozása a különböző időjárási helyzetekben, évszakokban és napszakokban.

Köszönetnyilvánítás: Az ábrákat *Sümeghy Zoltán* (SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék) készítette, akinek ezért a szerző külön köszönetét fejezi ki.

Fontosabb felhasznált irodalom

- Fezer, F.*, 1995: *Das Klima der Städte*. Justus Perthes Verlag, Gotha.
Kalanda, B.D. and Oke, T.R., 1980: Suburban energy balance estimates for Vancouver, B.C., using the Bowen ratio-energy balance approach. *J. Appl. Met.* 19, 791-802.
Kuttler, W., 1998a: Stadtklima. In: *Sukopp, H. und Wittig, R.* (eds): *Stadtköologie*. Gustav Fischer, Stuttgart-Jena-Lübeck-Ulm, 328-364.
Kuttler, W., 1998b: Stadtklima. In: *Hupfer, P. und Kuttler, W.* (eds): *Witterung und Klima*. Teubner, Stuttgart-Leipzig, 331-334.
Landsberg, H.E., 1981: *The Urban Climate*. Academic Press, New York.
Oke, T.R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Q. J. R. Met. Soc.* 108, 1-24.
Oke, T.R., 1987: *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.
Oke, T.R., 1988: The urban energy balance. *Progr. Phys. Geogr.* 12, 471-508.
Unger J. és Gulyás Á., 2000: A városi vízmérleg jellemzői. *Léggör* 45, No. 1., 19-23.

Unger János

2003. szeptemberében az 5. Nemzetközi Városklíma Konferencia (5th International Conference on Urban Climate) helyszínén, a lengyelországi Lodzban megalkult a Nemzetközi Városklíma Társaság (Int. Association on Urban Climate) Magyarországi Tagozata. A 8 alapító tag közül 7-en magyarok (Debrecenből, Szegedről és Budapestről), míg a tagozat tiszteletbeli elnöke a kanadai Tim Oke.

A tagság ingyenes, és aki be szeretne lépni a tagozatba (és ezzel a nemzetközi társaságba), az vegye fel a kapcsolatot Unger Jánossal (unger@geo.u-szeged.hu).

Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöksége – a 6/2003. (IV.28.) KvVM rendelet alapján – a *Meteorológiai Világnap* alkalmából, (2004. március hó 23.) **miniszeri elismerések** adományozására kíván előterjesztést tenni.

Ennek megfelelően a hazai és a nemzetközi meteorológia területén kimagasló tudományos kutatások és szakmai eredmények elismerésére 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 tegyék meg javaslatukat a mellékelt űrlapnak megfelelő formában.

A javaslatokat **2004. január hó 23.** napjáig kell, az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöki Irodájára, a

tudományos titkárnak eljuttatni. (**1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1).**

A javaslatnak tartalmaznia kell a jelölt *nevét, személyi adatait*, munkahelyét, beosztását, tudományos fokozatát, korábbi kitüntetéseit, továbbá szükséges ismertetni az *indítványt megalapozó eredményeket* is.

Az elismerések adományozására beérkezett javaslatokat az erre a célra alakult bizottság értékeli, amelyben a Szolgálaton kívül képviselteti magát a Magyar Honvédség Meteorológiai Hivatala, 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*

Miért fáztunk sokat 2002/2003 telén?

Az elmúlt tél hidegebb volt az átlagosnál, de a havi és évi középhőmérsékletek nem voltak rendkívüliek. A hideget nem kedvelők számára az volt ennek a téli szezonnak a legkellemetlenebb vonása, hogy már tavaly szeptember második felében volt okunk fázni, és a hőmérséklet mélyen a sokévi átlag alá hűtő légtömegek érkezése minden hónapban megismétlődött, egészen áprilisig. Azok óhaja, akik a zaklatott időjárású ősz és olykor kifejezetten zord tél után egy nyugodt és enyhe kora tavaszt kívántak, nem teljesedett be. A hideg betörések látszólag rendszertelen időközönként ismétlődtek, a januári és februári zord napokat követő 30-40 nap múlva azonban nagyobb gyakorisággal találtunk újabb hideg napokat, mint az ennél rövidebb vagy hosszabb időközök esetében. Ez vajon véletlen?

A 2002/2003-s tél néhány általános jellemzője

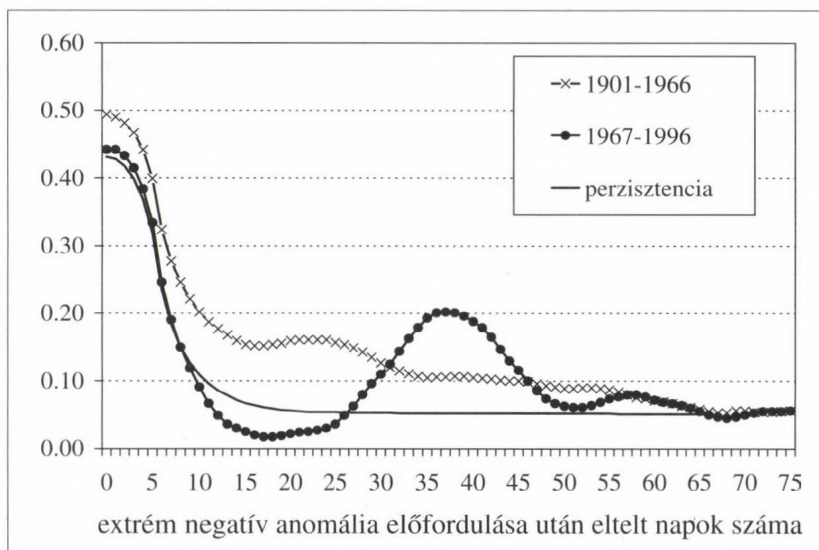
Ezen a télen Magyarország nagy részére bőven hullott hó csapadék, és a szokásosnál lényegesen gyakrabban süllyedt -10°C alá a hőmérséklet. Egyes tájakon a -20°C alatti hideg sem számított ritkaságnak. Szokatlanul nagy volt a hőmérséklet idő- és térbeli változékonysága. Az első zord napok már december 10. táján megjelentek, Karácsony körül és január 10. tájékán pedig már -20°C alatti hidegek is előfordultak. Az erős hideg betörések között azonban lényegesen enyhébb volt az időjárás, így a tél első két hónapjának középhőmérséklete alig tért el a sokévi átlagtól. Februárra változott a kép, ekkor nem az idő, hanem a térbeli változékonyság volt szembeötlő. A szinte állandósult anticiklonális időjárási helyzetben nagy szerep jutott a hótakaró eltérő vastagságának. Ezért, míg az Alföldön tartósan igen kemény tél alakult ki, a Nyugat-Dunántúlon

lényegesen szelídebb volt az időjárás, sőt, a hónap utolsó harmada már kora tavaszi jellegű volt. (A téli hideget és nagy havazásokat kiváltó szinoptikai eseményekkel a Légekör 2003/2. számában Újváry Katalin cikke foglalkozott. – A szerk.)

Megmaradási hajlam és ciklikusság

Ha valamely napon a sokévi átlag alatti a hőmérséklet, akkor valószínű, hogy a következő napokban is az átlagosnál hidegebb lesz az időjárás. Ezt a tulajdonságot a hőmérséklet megmaradási hajlama (vagy perzisztenciája) néven ismerjük. A megmaradási hajlam annak következtében létezik, hogy az áramlásokat fenntartó időjárási képződmények (ciklonok, anticiklonok, stb.) élettartama általában hosszabb mint 1 nap, ezen kívül pedig a nyugalomba jutó légtömeg is csak lassan változik: az ideérkezésekor mutatott tulajdonságokat hosszabb-rövidebb ideig megőrzi. Télen a hótakaró is hoz-

zájárul a hideg megmaradásához: a hófelszín hógazdálkodása rosszabb, mint a csupasz talajfelszíné, ezért hó felszín felett gyakoribb a tartós hideg. A XX. században előfordultak olyan telek, amikor heteken át, akár egy hónapon túl is fennmaradt a zord időjárás (pl. 1929, 1942, 1956, stb.). Az ilyen időtartamban fennálló megmaradási hajlam már nagy mértékben függ a kontinentális léptékű cirkuláció sajátosságaitól. Egyes kutatási eredmények arra utalnak, hogy ez a fajta megmaradási hajlam csökkent. Az 1. ábra azt szemlélteti, hogy januári vagy februári zord napokat követően mekkora az újabb extrém negatív hőmérsékleti anomália előfordulásának tapasztalati gyakorisága. Extrém negatív anomáliának az év konkrét szakában előfordult napi középhőmérsékletek leghidegebb 5%-át tekintettük, 1901 és 1996 közötti mérési adatok alapján. Az ábra azt mutatja, hogy az újabb extrém hideg előfordulása hosszú heteken át lényegesen magasabb volt a sokévi átlagnál



1. ábra. Extrém negatív napi hőmérsékleti anomália megismétlődésének átlagos relatív gyakorisága 1-75 nappal egy januárban vagy februárban előfordult extrém negatív anomália után (a Theoretical and Applied Climatology cikke alapján, Domonkos, 2001a). A „perzisztencia” görbe a szomszédos napok hőmérsékletei közötti megmaradási hajlam alapján számított elméleti értékeket tartalmaz.

(5%-nál) a XX. század első kétharmadában. Ezzel szemben, az utóbbi évtizedekben a megmaradási hajlam 10-15 nap alatt lecseng, sőt 15-20 nap eltelte után a sokévi átlag alatti a gyakoriság. 30-45 nap távolságban azonban ismét igen magas (10 és 20% közötti) az újabb extrém hideg nap előfordulási esélye. Az a kép, amely az 1967-1996 között előfordult esetek alapján áll elő, inkább ciklikusságról mint megmaradási hajlamról árulkodik. Jelenleg nem tudunk rá konkrét magyarázatot, hogy miért magasabb az újbóli előfordulás esélye 30-40 nap elmúltával, mint kevesebb idő elteltével, mint ahogy arra sem, hogy miért csak januári-februári zord napokat követően áll fenn a ciklikusság (és pl. decemberi extrém hidegeket követően nem). A januári zord napokat követő megismétlődési gyakoriság ciklikus jellegét matematikai statisztikai vizsgálat igazolta (Domonkos 2001a és 2001b).

Ciklikusság a téli és kora tavaszi napok hőmérsékletében 2003-ban

Az a ciklikusság, amelyet az 1. ábra illusztrál, nem minden télen egyformán intenzív. Néha erősebb, máskor gyengébb, sőt az is előfordul, hogy a tél teljesen mentes a zord napoktól. 2003 telén és kora tavaszán nagyon határozottan mutatkozik a hideg napok megismétlődésének ciklikus jellege.

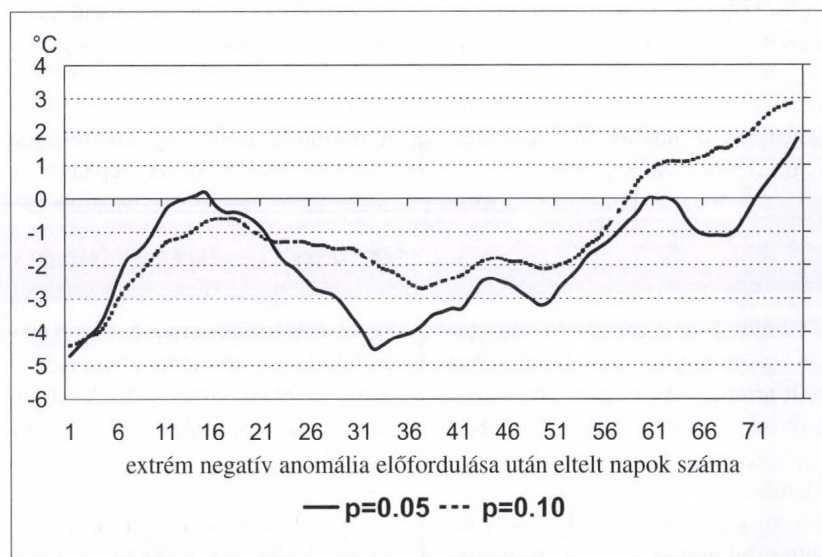
Hogy összehasonlítást tehessünk a 2003-s év extrém hidegeit követő hőmérsékletváltozások és az 1. ábra görbéi között, kiszámítottuk, hogy mely napokon fordult elő extrém negatív anomália 2003. januárjában és februárjában. Ugyanannak az öt állomásnak (Budapest, Debrecen, Mosonmagyaróvár, Pécs, Szeged) az adataiból képeztünk területi átlagot, mint az 1. ábra értékeinek a kiszámításánál, és az extrém negatív anomália küszöbét is

az ott meghatározottal azonos értékeket alkalmaztunk. Meglepetésre csak 4 napon volt extrém negatív az így kiszámított anomália (január 9, 12, 13. és február 14.). Ha azonban az extrém és nem extrém anomáliák közötti küszöböt nem az előfordult értékek leghidegebb 5%-a, hanem 10%-a alapján határozzuk meg, akkor már 11 az előfordult extrém hideg napok száma (könnyen ellenőrizhető, hogy utóbbiból 5,9 fordul elő egy átlagos január - február időszakban). A következő lépésben az extrém hideg napokat 1-75 nappal követő időszakok átlagos anomáliáit számítottuk ki, és azt éppúgy 11 napos mozgóátlaggal történő simítás után ábráztuk, mint az 1. ábra értékeit.

Az eredményt a 2. ábra mutatja. Szembeszökő a hasonlatosság az 1. ábrának a XX. század utolsó har-

Ciklus a kaoszban?

Mielőtt az alcímben feltett kérdésre válaszolunk, érdemes tisztázni, hogy igazolnak-e bármiféle törvényszerűségeket a 2. ábrán bemutatott eredmények. Általánosságban azt kell hangsúlyoznunk, hogy egyedi események vagy viszonylag rövid időszakok nem alkalmasak arra, hogy statisztikai alapon vonjunk le belőlük következtetéseket. Például a 2003. január - februárban bekövetkezett 11 extrém hideg nap mindegyike 3 nagyon rövid időszakhoz tartozik: január 8-13, február 13-18. és február 25-27. E három időszakban az ugyan közös, hogy országos átlagban igen hideg volt, de, mint arra a bevezető részben utaltunk, az alacsony hőmérsékletek nem azonos feltételek között és eltérő térbeli szerkezet-



2. ábra. A hőmérsékleti anomáliák átlaga 1-75 nappal a 2003. januárjában és februárjában előfordult extrém negatív anomáliák után. p az extrém negatív anomáliáknak az összes mért értékhez viszonyított arányát jelöli.

madára vonatkozó görbéjével: A negatív anomália átlagos nagysága a vizsgált napok után csökken, és 15 nap távolságban 0 közeli értékek jelennek meg. Később az anomália átlagos értéke ismét csökken, egészen a 30-40 nap távolságig. Ekkor csaknem ugyanolyan alacsonyak az értékek, mint a kiindulási napok körül.

ben alakultak ki. Aligha tekinthető tehát törvényszerűnek, hogy az extrém hidegek 30-40 nap múlva mindhárom esetben megismétlődtek. Másfelől azonban furcsa volna a 2. ábra tapasztalatainak egészét véletlennek tekinteni, hiszen az egy olyan jelenséggel vág egybe, amely már korábbi kutatások alkalmával statisztikai igazolást nyert.

Számos más ciklikus jelenséget is feltárt már a meteorológia tudománya. E felfedezéseket gyakran meglehetősen szkepticizmus övezi, például azért, mert a gyenge jel/zaj arány miatt a praktikus információ nyereség csekély. Az is igaz, hogy az éghajlat igen kicsi megváltozása is elegendő lehet egy ciklikusság megszűnéséhez vagy tulajdonságainak lényeges megváltozásához. A legfőbb probléma azonban az elméleti alapoknál van. A modern kutatási eredmények szerint ugyanis a légkör kaotikus rendszer, és ezt e cikk szerzője sem kívánja kétségbe vonni. A kaotikusság pedig a következő tulajdonságok fennállását jelenti (Götz, 2001): a) A kaotikus rendszerekben tetszőlegesen közeli aktuális állapotok is gyökeresen különböző jövőbeni állapotokhoz vezetnek (a légkörben legfeljebb 20-30 nap alatt); b) A légkört aperiodikus változékonyság jellemzi; c) Az események periodikus ismétlődésének előfordulása nem lehetetlen, de matematikai valószínűség zérus.

E pillanatban úgy tűnhet, hogy teljes az ellentmondás a kaotikus rendszer tulajdonságai és a feltárt ciklikusság között. Pedig valójában nincs ellentmondás. Jól tudjuk, hogy azok a periodikusan fellépő hatások, amelyeket a Föld forgása, ill. a Föld Nap körüli keringése okoz, markáns napi és évi ciklusok kifejlődéséhez vezetnek egyes meteorológiai elemek értékeiben (hőmérséklet, szélsébség, stb.), anélkül, hogy a légköri folyamatok rendszerében általánossá válna bármiféle ciklikusság. Ha csillagászati hatások okozhatnak periodikus változásokat, akkor nyilvánvaló, hogy egyéb folyamatok is gerjeszthetnek ilyeneket. Praktikus szempontból érdekes következtetés kínálkozik: ha a légkörben kizárólag kaotikus változások léteznének, egyes fontos tulajdonságok – mint pl. az időjárás előre jelezhetőségének elvileg lehetséges leghosszabb időtartama – jól behatárolhatóak lennének. A légkör azonban bonyolultabb, mint egy közönséges kaotikus rendszer. (A képzavar a

káosz szó köznapi értelme és a káosz mint fizikai modell közötti eltérés következménye.) Az aperiodikus változások kaotikus erdejében egyes fizikai jellemzők olyan ciklikus sajátságokat mutatnak, melyekre nem mindig akad kézenfekvő magyarázat.

Persze nem ezért fáztunk sokat 2003 telén, hanem azért, mert gyakoribb volt a kemény fagy mint más teleken.

Dr. Domonkos Péter

Irodalom

- Domonkos P., 2001a: Temporal accumulations of extreme daily mean temperature anomalies. *Theor. Appl. Clim.* **68**, 17-32
- Domonkos P., 2001b: A napi léghőmérséklet extrém anomáliáinak időbeni struktúrái. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*, 8. Országos Meteorol. Szolg., Budapest (pp 104) 61-69.
- Götz G., 2001: Káosz és prognosztika. Orsz. Meteorol. Szolg., Budapest (pp 490) 45-48.

A város határában

Azoknak az észlelőknek van igazán szerencséjük, akik munkájukat nyílt terepen végezhetik, ahonnan a látóhatár vonala is felfedezhető. Különösen a napnyugták és a napkelték jelenthetnek felejthetetlen élményt. Három évtizedes tapasztalattal mögöttem elmondhatom, hogy mindek ellenére igen kevés azon napnyugták száma, amikor központi égítüstünk a horizont alá ereszkedés közben is elkápráztatja a szemlélődőt ragyogó fényével az alsóbb lég rétegek mind nagyobb fokú szennyezettsége miatt. (A napkeltékről szándékosan nem ejtek szót, mivel a látóhatár vonalát abban az irányban egy-másfél foknyi, azaz két-három napátmérőnyi magasságban az Erdélyi-Szigethegység takarja.)

Esőt követő hidegfront után az alászálló Nap rendszerint égővörös

színű, míg száraz, erős szelekkel társuló hidegfrontok után a Nap élénk-sárga színben bukik alá. A vörös szín a vízcseppecskék által tisztára mosott levegőben jelentkezik, a szél által felkavart porszemekben bővelkedő levegőben viszont a sárga szín az uralkodó. Az átlátszatlan sötét vulkanikus porszemcséknek erős fénycsökkentő hatásuk van, amiért a vörös, sötétvörös szín a jellemző a vulkánpor-lepte alkonyokon. A sivatagi por kvarc alapanyagú homokszemcséin a fény nemcsak szóródik, de részben elhajlást szenved, ezért mindig sárgás vagy sárgásszürke a Nap az ég alján, és sohasem vörös. (A Mars bolygó égboltja is feltűnően pasztellsárga a homokot bőven tartalmazó légkör miatt.)

1979. július 9-én a levegő napnyugtakor viszonylag hűvös és

nedves volt. A nyugodni készülő Nap tiszta sárga korongja ötszörös napátmérő vastagságú, sötétszürke homályba kezdett lassan merülni. A Nap alsó fele ennek következtében erősen tompa fényű, narancsvörös színűre változott.

1979. május 4-én a nyugati látóhatárt megülő sötét homály a Nap felénél is kisebb vastagságú volt, ám annál sűrűbb: a belémerülő sötét vörhenyes napkorongnak csak a felső fele kandikált ki. A levegő szokatlanul hűvös, párás volt.

Altostratus duplicatus virga zárt felhőtakaró borította az eget 1979. december 1-jén. A felhőből délután gyenge záporosó hullott a felhő aljáról a talajig lejutó hullósávkából.

Folytatás a 29. oldalon ►

SZEMELVÉNYEK A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS TÖRTÉNETÉBŐL, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A LEVEGŐ SZENNYEZÉSÉRE, III.

Napjainkig számos összefoglaló kötet, illetve tanulmány jelent meg az elmúlt korok környezetszennyezéséről (pl. *Brimblecombe, 1987; Brimblecombe and Pfister, 1990; McNeill, 2001, Bowler and Brimblecombe, 2000; Karatzas, 2000, 2001*). E dolgozat célja, hogy további adalékokkal szolgáljon a tárgykörben – elsősorban az ókorból és a középkorból.

Környezetszennyezés az ókorban

A környezet szennyezése egyidős az ember megjelenésével. Amikor az ember használatba vonta a tüzet, a keletkező füst a környezetszennyezés első megnyilvánulása volt. A tüzelőanyagok fűtésre és főzésre történő felhasználása révén kezdetét vette a belső terek légszennyezése. A több ezer évvel ezelőtt lakott barlangok falaira vastag koromréteg települt, ami alapján feltételezhető, hogy a barlanglakók légzését nehezítette, s szemét bántotta a belső térben képződő sűrű füst. A paleolitikumból származó mumifikálódott testek tüdeje gyakran el van feketedve. Az első emberi lakóhelyeken általában nem oldották meg a füst elvezetését (ennek praktikus oka lehetett a szúnyogok távoltartása), s a belső tér füstjének védelmében éltek (*McNeill, 2001*). [Emberek milliói napjainkban is így élnek. 1993-ban, amikor Nepálban tartózkodtam, végigjártam a Langtang Nemzeti Park számos települését, s a közbülső szállásokat a Himalája déli lejtőjén. A tűzrakó hely füstjét seholy sem vezetik el. A házakban – melyek falai kötőanyag nélkül egymásra rakott metamorf palákból állnak, s a tetjüket gyékény borítja – sűrűn terjeng a füst, csípi a szemet, nem kapni levegőt. Nemhogy aludni nem lehet, de bent tartózkodni is csak rövid ideig bírunk. Kívülről pedig úgy tűnik, mintha égne a ház – a falak hézagain áramlik ki a füst.] A légszennyezés ezen egészségkárosító hatásával együtt élünk több ezer éve.

Számos korai betegségért a környezetszennyezés volt a felelős. A környezetszennyezés legelső oka az emberi ürülék lehetett. Az emberi szervezetben élő baktériumok, mint például az *Escherichia coli*, a fekáliából az ivóvízforrásokba kerülhettek és megfertőzhették a korai embert. Ez a környezetszennyezés ma is milliók megbetegedésének okozója. A kínaiaknál – akiknél már az ókorban kidolgozott hulladékgyűjtési rendszer működött – a fekáliával történő trágyázás már évezredekkel ezelőtt is lényeges része volt a mezőgazdasági termelésnek. Az ország keleti részén fekvő hordalékos síkságok talajának termékenységét kb. 4000 éve így tartják fenn. Kína több részén ma is követik ezt a hagyományt. Han Suyin írja, hogy „*Chengtu városában még a 20. században is (1949-ig) a város leggazdagabbjai közé tartoztak azok a családok, amelyeknek a tulajdonában volt a vá-*

rosi csatorna, s így a csatornában összegyűlt ürüléket eladhatták vidéken” (*Markham, 1994*). A rizsföldek fekáliával történő trágyázása nagymértékben hozzájárult a talajvíz elszennyezéséhez, mely így ivásra alkalmatlan egész trópusi Ázsiában. Ha viszont a vizet felforraltjuk, kicsapódnak belőle a sók, s ily módon ízetlen lesz. A felforralt víz tealevéllal történő ízesítése Kínából származik s az i.e. kb. 2000 évvel kezdett elterjedni a Birodalomban, majd Ázsia szerte (*Makra, 2000*).

A porszennyeződés is korán megjelent. Janssens feltevése szerint az újkorban a kőbányákban, pl. Obourghan, dolgozó emberek – akik naponta faragták ki a kovakövet a mészkőből – szilikózisban szenvedhettek (*Markham, 1994*). Egész nap a tevékenységük nyomán felszálló kőport szívták be. Néha a földrajzi helyzet volt az oka valamilyen betegség fellépésének. Vizsgálatok tárták fel, hogy Broken közelében, a mai Zambia területén kb. 200.000 évvel ezelőtt élt emberfélék (Hominidák) ólommérgezésben szenvedtek, mert ólom szivárgott be a közeli érctelérből a barlangi lakóhelyük melletti vízforrásba (*Markham, 1994*).

Az ősi civilizációk környezetkárosító hatása már tartós, máig ható változásokat okozott a környezetben. A hatások már regionális szinten jelentkeztek, de még nem okoztak globális méretű változásokat. Az i.e. 3500-tól az i.e. 1800-ig terjedő 1700 éves periódus alatt a Tigris és az Eufrátesz vidékén a sumér mezőgazdaság hatékonysága egyre romlott és a gabonatermés csökkent amiatt, hogy a talaj sóssá vált. Az öntözővíz megemeli a talajvíz szintjét, s ha a fölösleges vizet csatornák nem vezetnek el, a talaj átitatódik vízzel, a benne lévő sók kioldódnak, a felszínen kicsapódnak, s összefüggő kérget alkotnak. A sumérok úgy írták le ezt a folyamatot, hogy „*a föld fehérré változott*”. Az öntözésre használt víz a talajokat teljesen kilúgozta és a területet mezőgazdasági termelésre egyre alkalmatlanabbá tette. Ez nagymértékben hozzájárult a sumér kultúra hanyatlásához (*Markham, 1994; Mészáros, 2002*).

Az ókorban a légszennyezésnek csak a városokban voltak számottevő következményei. A korai városokban – mint némely mai településen is – gyakran átható bűzt lehetett érezni, aminek forrása a bomló/rothadó szerves (konyhai) hulladék és az ürülék volt. Ezeken a településeken az ostromok idején – amikor nem nyílt lehetőség az agresszív szagokat kibocsátó anyagok eltávolítására – elviselhetetlen körülmények alakultak ki. Egyiptomi történeti feljegyzések megemlékeznek arról, hogy amikor a núbiai ostromló seregek körbevették Hermopolist – mely a Nílus bal partjára települt, félúton Théba és Memphis között – a városlakók inkább a núbiaiak kegyelmét kérték, mintsem hogy saját bűzös levegőjüket

kelljen továbbra is elviselniük (*Brimblecombe, 1995*). Az ókori városokban általában jelentős volt a szagszennyezés. Arisztotelész (i.e. 384-322) *Athenaion Politeia* című művében szabályként kimondja, hogy a trágyát a városon kívül, a falaktól legalább 2 km-re kell elhelyezni (*Mészáros, 2001*). A füst szürkévé tette a márványt az antik városokban, ami klasszikus szerzőket [pl. Horatius (i.e. 65–i.u. 8)] is bosszantott, s törvények sorának meghozatalára készítette – egyebek mellett – az ókori zsidóságot (*Mamane, 1987*). Az ókori időkben a bűz, a füst és a korom jelentette a légszennyezést.

A környezetszennyezésre számos példa található az ókori Kínában is. Még a Tang kor (i.u. 618-907) előtt Santung hegyeinek fenyőfáit elégették, majd a Tang korban kopárrá vált a Taihang hegység Sanszi és Hopei tartományok határán (*Schafer, 1962*). Ugyancsak a Tang dinasztia idején a főváros, Loyang körül 200 mérföld sugarú körben kivágták az erdőket. A fákat jórészt tűzifaként hasznosították, kisebb részüket pedig azon célból égették el, hogy belőlük széntintát nyerjenek a kormányzati hivatalok számára (*Epstein, 1992*).

A városi légszennyezés és légszennyezettség függ az adott település méretétől, a beépítettség mértékétől, valamint a városban végzett ipari tevékenység jellegétől, különösen a fosszilis tüzelőanyagok használatától. Ahogy az urbanizáció előrehaladt Kínában, a Földközi-tenger medencéjében és Északnyugat-Afrikában, kb. az i.u. 1000 környékétől egyre többen éltek füstös, kormos környezetben. A filozófus és fizikus Maimonides (1135-1204) – akinek kiterjedt tapasztalatai voltak a kor városairól Cordobától egészen Kairóig – úgy találta, hogy a városi levegő „*áporodott, füstös, szennyezett, homályos és ködös*”, továbbá úgy gondolta, hogy ezt az állapotot a városlakókban lévő „*megértést akadályozó tompaság, intelligencia-hiány, valamint emlékezet-kiesés*” hozza létre (*Turco, 1997*).

A közlekedési nehézségek ugyanakkor korlátozták a városok légszennyezettségének mértékét. A legtöbb energiaigényes iparág (pl. cserépkészítés, üvegműves-, fazekas- és téglaiipar, vaskohászat) az erdők közelébe települt, mivel a fűtőanyagnak nagy tömegben a városokba történő szállítása túlságosan költséges lett volna. Ily módon, jóllehet az ipari eredetű légszennyező anyagok rossz szagúvá tették a levegőt, azt kevés ember lélegezte be. A kikötővárosok helyenként kivételt jelentettek, ugyanis a hajók olcsón tudták odaszállítani a fát és a szenet. Így tudta fenntartani Velence az üvegiparát, melynek energiaellátását távoli vidékekről odaszállított fával biztosították. A városi légszennyezettség legnagyobb része azonban a háztartási tüzelőanyagokból származott, ami legtöbbször trágya, vagy fa volt, esetenként pedig kevés füstöt kibocsátó faszén (*McNeill, 2001*). A kínai városok levegője ugyancsak rendkívül szennyezett lehetett, hiszen a jól kiépített vízi szállítási rendszer (Nagy-csatorna) lehetővé tette a nagy mennyi-

ségű tüzelőanyag felhasználást – legalábbis a Szung kori (i.u. 960-1279) fővárosban, Kaifengben. Kaifeng (Pekingtől 500 km-re délre) valószínűleg az első olyan város volt a világon, amely energia-ellátását a fáról szénre helyezte át. Ez a váltás a 11. század végén történt, amikor a városnak már hozzávetőlegesen egymillió lakosa volt. Azonban a szénfűtés nem tartott sokáig, mivel Kaifenget lerombolták a mongolok 1126-ban, s akik megmaradtak, azok között a pestis pusztított a 13. század elején (*Hartwell, 1967*).

A környezetszennyezés koncentráltan az emberi társadalmak kialakulásával egyidejűleg jelentkezett. Még a legkorábbi társadalmakban is gyakran fordultak elő széleskörű környezeti károk. Szennyezték a levegőt, a vizeket, pusztították a talajt, kiirtottak növény- és állatfajokat. A korai társadalmak által okozott környezeti változások mértéke viszont általában csekély volt – a környezet általában hamar regenerálódott. Emiatt manapság sokan nem tudnak ezekről, ami az embereket elnézőbbé teszi a korai társadalmakkal szemben, összehasonlítva a mai városi környezetben élőkkel. Ugyanakkor van példa olyan környezet-átalakító tevékenységre az ókorban, amely napjainkra is maradandó változást idézett elő. A Balkán-félszigeten és a mai Görögország területén az erdők arányának csökkenéséhez hozzájárulhatott az, hogy a hajóépítéshez nagy területeken vágták ki az erdőket. Azonban az is lehetséges, hogy a tömeges erdőpusztulás azóta következett be, hogy szárazabbá váltak a nyarak a Mediterráneumban (*Karatzas, 2000*). Ez utóbbinak viszont semmi köze az emberi tevékenységhez. A szűkös nyári csapadék csenevész növényzetet és bozótosokat tart életben, mely utóbbiak a legigénytelenebb jószágok – a juh és a kecske – megélhetését biztosítják. Ezek az állatok – azáltal, hogy teljesen lelelelik a lejtőket – fokozzák a talajeróziót. A fellazult vékony talajréteget a téli esők lemossák a lejtőkről, s a folyamat eredményeképpen – teljessé téve a lepusztulást – hamarosan felszínre kerül a csupasz mészkő alapkőzet.

Az erdőirtásra, s a fák kivágására másutt is találunk példákat. Salamon király idején 5000 km² erdőt alkottak a cédrusok. A cédruserdők említésével először i.e. 2500-2300 táján találkozunk. Ma elenyésző foltokat találunk ugyanott. A Római Birodalom virágkorában a Bagdadtól Damaszkuszig vezető országutat végig fák árnyékolták. Ma sivatag a két város közötti út (*McNeill, 2001*).

Számos kultúra hangsúlyozta, hogy a környezettel harmóniában kell élni, de még ott is, ahol ezt minduntalan hangoztatják (pl. a keleti társadalmakban), a környezeti ideálok gyakran elvesznek az anyagi szükségletek felszínén.

A klasszikus kor nagyvárosainak légszennyezési problémáiról a kor költői is szolgáltatottak némi információt. Horatius (i.e. 65–i.u. 8) megemlíti, hogy a római épületek egyre feketébbek a füsttől, s ez a probléma még számos ókori városban is bizonyára fennállt.

Seneca (i.e. 4–i.u. 65) – Nero császár (i.u. 37–68.) tanítója – egész életében betegeskedett, s orvosa gyakran tanácsolta neki, hogy hagyja el Rómát. Egyik levelében, i.u. 61-ben azt írta Luciliusnak, hogy el kell hagynia Róma nyomasztó füstjét és a konyhai szagokat, hogy jobban érezhesse magát.

A római jog már arról is intézkedik, hogy a sajtkészítő műhelyeket úgy kell telepíteni, hogy azok füstjükkel a többi házat ne szennyezzék (Mészáros, 2002).

A római szenátus kb. 2000 éve hozott egy törvényt, mely a következőképp hangzik: „*Aerem corrumpere non licet*”, azaz „*A levegőt szennyezni nem szabad.*”

Az ólom bányászata és kitermelése

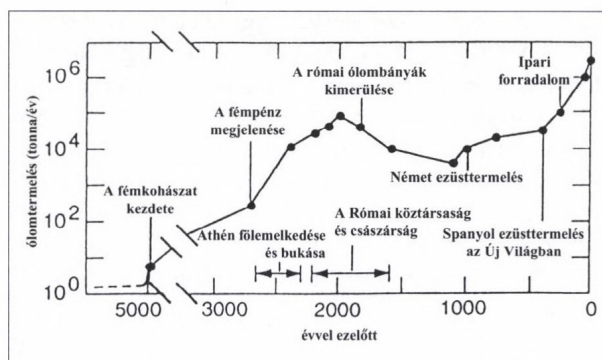
Az ókori Mediterráneumban a bányászat és a kohászat alapvető szerepet játszott a gazdasági életben. Attika ólombányáinak ártalmas füstje Xenophon (i.e. 434–359) és Lucretius (i.e. 98–55) szerint károsította az egészséget (Weeber, 1990).

Az ólomot legfontosabb ércéből, a galenitből vonják ki, melynek ólomtartalma 86,6 %, ami emellett arzént, ónt, antimont és ezüstöt is tartalmaz. A világ ezüsttermelésének legnagyobb része galenitből származik, nem pedig ezüstércből, mivel előbbi sokkal nagyobb tömegben bányásszák és dolgozzák fel. Az ezüsttermének, mint fizetőeszköznek a bevezetése után még sokáig az ezüst kinyerése volt a galenitbányászat elsődleges célja, az ólom csupán mellékterméknek számított (Boutron, 1995).

Az ólomtermelés kezdetei kb. az i.e. 4000 körüli időszakra tehetőek. Számottevő kitermelése mintegy ezer évvel később kezdődött, miután az ólom szulfidos ércéből új olvasztási technikát fejlesztettek ki az ólom (valamint az ezüst) kinyerésére. Az ólomérc kitermelése, valamint az ólom felhasználása a réz-, a bronz- és a vaskorban folyamatosan emelkedett (Nriagu, 1983a). Ezt az emelkedést az ezüstpénzek bevezetése, valamint a görög civilizáció fejlődése is elősegítette (akkoriban az ólomtermelés 300-szorosa volt az ezüst termelésének). Az ólomtermelés a 80.000 t/év maximumát a Római Birodalom virágkorában érte el, mely kb. akkora nagyságrendű volt, mint az ipari forradalom ólomtermelése kb. 2000 évvel később (Hong et al., 1994a). Az ólomot főként az Ibériai félszigeten, a Balkánon, az ókori görögök területén és Kis-Ázsiában bányászták (Nriagu, 1983a). Az ólomtermelés a Római Birodalom bukását követően drasztikusan csökkent, s az i.u. 900 tájáig érte el a néhány ezer t/év minimumát. Majd a termelés a kb. az i.u. 1000-tól megnyitott új közép-európai ólom- és ezüstbányáknak köszönhetően újra emelkedni kezdett (1. ábra).

Az ólom felhasználása és alkalmazásai

A római időkben az ólom volt a legnépszerűbb fém, melyet széleskörűen alkalmaztak a mindennapi életben. Vegyületeit arcpúderként, rúzsként, vagy álarcfestéshez



1. ábra. Az ólomtermelés története a rézkortól napjainkig (Hong et al., 1994a, 1994b)

használták, illetve festékekben – mint színezéket – alkalmazták. Használták továbbá élelmiszerek tartósítására, illetve borhoz is adagolták erjedésének megakadályozására. Ólomvegyületeket használtak születésszabályozó szerként (mint spermaölő anyagot), valamint fűszerként is. Az ólom ötvözetéből kupákat, tányérokat, kancsókat, edényeket és serpenyőket készítettek. Pénzerméket is készítettek ólomból, valamint ólom és más fémek, pl. réz, ezüst és arany ötvözetéből. Mivel ellenáll a korróziónak és könnyen megmunkálható, a hajógyártásban, építkezéseken, valamint vízvezetékek építésénél is széleskörűen alkalmazták. Építkezéseken pl. a mészkő/márvány építőelemek közé öntötték, s ily módon kötőanyagként szolgált. Az ókori Rómában és a Római Birodalom más városaiban a vízvezetékrendszer csöveit ólomból készítették – ez volt ebben az időben az ólom legfontosabb felhasználási területe. [(Babilóniában a Nabú-kudurri-uszur (régies írásmóddal: Nabukodonozor, király, élt i.e. 605–562) által épített függőkert öntözésére ugyancsak ólom vízvezetékrendszert használtak.) Mindezek miatt az ólomot római fémként is szokták említeni (Markham, 1994)].

Az ólom által okozott betegségek

Mind az ólom, mind vegyületei mérgezők. Szervezetbe jutásukat az ólom némi illékonyasága (ólmgóz), csekély porlódása (ólmopor), valamint egyes vegyületeinek (pl. a benzinadalék ólom-tetraetil) illékonyasága, vagy vízdoldhatósága (pl. ólom-acetát) teszik lehetővé. Az ólommérgezés tünetei a fejfájás, hányinger, hasmenés, ájulás és görcs.

A rómaiak tudták, hogy az ólom veszélyes fém, hiszen felfigyeltek az ólom bányákban dolgozók betegségeire. Mivel azonban széleskörűen hasznosították, figyelmen kívül hagyták a veszélyt. Azt hitték, hogy ha csak kis mennyiségben kerül be a szervezetbe, akkor kevésbé káros. A vízvezetékek ólomcsöveiből a szabad szén-dioxidot tartalmazó víz hatására az oldatba jutó ólomvegyületek az emberi szervezetben feldúsulnak és esetleg bénulással járó ún. ólombetegséget okozhatnak. Az ételekben és az ivóvízben jelenlévő ólom meddőség-

hez, vagy halva születéshez vezethetett (Goldstein, 1988). A bányászok szenvedtek azonban leginkább az ólom káros hatásaitól, ezért a rómaiak általában rabszolgákat dolgoztattak a bányákban. A görög-római időkben pl. becslések szerint több százezer ember (elsősorban rabszolga) halt meg akut ólommérgezésben a bányászat, illetve az olvasztási folyamatok során (Nriagu, 1983a; 1983b; Hong et al., 1994a). Lehetséges, hogy Caligula (i.u. 12-41) és Nero császárok szélsőséges megnyilvánulásai is ólommérgezés következményei voltak (Goldstein, 1988).

Számos kutató szerint a Római Birodalom hanyatlásának egyik valószínű oka a kiterjedt ólombányászatból, valamint a széleskörű ólomfelhasználásból eredő mérgezések tömeges előfordulása lehetett (Nriagu, 1983a; 1983b; Hong et al., 1994a).

A 20. században a kopogásgátló anyagként évtizedekig használt ólom-tetraetiltől származó ólomvegyületek okoztak és okoznak környezetszennyezést. A légkörből kiülepedő ólomvegyületek a kultúrnövényeken lerakódva a táplálkozási láncban keresztül, vagy belégzéskor jutnak szervezetünkbe. A petrokémiai ipar csak nemrégiben tudta helyettesíteni a benzinadalékként használatos ólom-tetraetilt tercier-butil-metiléterrel, mely ólommal már nem szennyezi a környezetet (Boutron, 1995).

Ókori fogminták ólomszennyezettsége Nagy-Britanniában

A Természetes Környezetet Kutató Tanács (Natural Environment Research Council) és a Brit Geológiai Felügyelet (British Geological Survey) munkatársai a római-brit és a kora-középkori emberek fogzománcában található ólom koncentrációját tanulmányozták Nagy-Britannia különböző területein, s azt összevetették a mai ember fogzománcának ólomkoncentrációjával. Az 1980-as évek elején Nagy-Britanniában végzett széleskörű vizsgálat alapján a mai emberek fogzománcában az ólomkoncentráció helyről helyre alig változik, s átlagos értéke 3 ppm. Újabb tanulmányok szerint a mai gyerekek fogzománcában ugyanez a paraméter mindössze néhány tized ppm, ami azt jelzi, hogy az ólomkoncentráció jelen légköri szintje csökken – köszönhetően a globális ólom-emisszió bizonyítható csökkenésének. Ugyanakkor a neolitikumban – amikor még nem használtak fémeket – az emberek fogzománcában az ólomkoncentráció átlagos értéke 0,3 ppm volt. Ez az érték tizede annak a terhelésnek, ami a mai kor emberét éri, s valószínűleg hasonló ahhoz az értékhez, ami korunk gyerekeihez jut el.

A Nagy-Britannia területén egykor élt római, angolszász és viking népesség fogmintáinak elemzésekor arra az eredményre jutottak, hogy voltak olyan emberek, akiknek a fogzománcában az ólomkoncentráció meghaladta a 10 ppm értéket. Ekkora nagyságrendű koncentrációk foglalkozási és akut kitétséghez társíthatók, s

feltételezik, hogy az ólomszennyezés igen fontos probléma volt mind a római-, mind pedig kora középkori elődeink számára.

Ez arra vezethető vissza, hogy Anglia, Skócia, Wales és Írország mind gazdagok természetes ólomlerakódásokban. Továbbá ezen országok mindegyike hatalmas ércvagyonnal rendelkezik, melyet az antik kor óta folyamatosan bányásznak. Valószínűleg Nagy-Britannia gazdag ólomtartalmú – a hozzájuk kapcsolódó ezüstkészletekkel – vonták magára Róma kezdeti érdeklődését a birodalom későbbi legészakibb tartományának meghódítására. Tudjuk, hogy a Nagy-Britanniában egykor élt római-brit, angolszász és viking lakosság a folyamatosan működő bányák miatt számottevő ólomterhelésnek volt kitéve, amit a fogaikba beépülő ólom jellegzetes izotóp-összetétele jelez.

Ugyanakkor e korban a magas ólomtartalmat nemcsak a bányákban, kohókban és a fémmegmunkálók dolgozóinál, hanem a gyermekek fogzománcában is kimutatták. Ez arra utal, hogy a magas ólomkoncentráció inkább környezeti, semmint foglalkozási ártalomnak számított.

Regionális és hemiszférikus léptékű légköri ólomszennyezés

Az 1957-58-ban lezajlott Nemzetközi Geofizikai Év során indítottak először kiterjedt kutatási programokat Grönlandon és az Antarktison a több százezer év során keletkezett hó- és jég rétegekben tárolt információk alapján a több ezer évvel ezelőtti időszakok lehetséges hemiszférikus léptékű légszennyezésének megállapítására. A későbbiek során az e területekről származó jégmagok bőséges információt szolgáltatottak az emberi tevékenység légköri hatásairól (pl. Boutron et al., 1991; 1993; 1994). A Grönlandon a legmélyebbre hatoló furat egy 7760 éves időintervallumnak felel meg, mely jóval megelőzi azt a kort, amikor a galenitből először olvasztottak ezüstöt. Eddig az időszakig beszélhetünk a légköri ólomkoncentráció háttérszintjéről (Boutron, 1995).

Egy 9000 láb (1 láb = 30,48 cm) vastagságú grönlandi jégmag kémiai analízise lehetővé tette, hogy a jelenről számítva 7760 évre visszamenően információt gyűjtsünk az elmúlt korok légszennyezettségéről. Eszerint a légköri ólomkoncentráció az ólomtermelés kezdete előtt – amikor a légköri ólom csupán természetes forrásokból származott – alacsony volt. Ekkor a légköri ólom dúslás tényezője 1-hez közeli volt (0,8), ami azt jelenti, hogy ez az ólom a talajokból és a kőzetekből származik. 3000 évvel ezelőtt a légköri ólomkoncentráció lényegében megegyezett az ólomtermelés kezdetekor mért szinttel. Ez azt mutatja, hogy az antropogén eredetű ólomemisszió ekkor még elhanyagolható mértékű volt a légkörbe természetes úton kerülő ólom mennyiségéhez képest. Az i.e. 5. században a légköri ólomkoncentráció emelkedni kezdett, s a görög-római időszak során (az

i.e. 400 és i.u. 300 között) az ólom dúsulási tényezője elérte a 4 értéket, s hét évszázadon át ilyen magas szinten maradt. Azaz a korábbi, természetes értékekhez képest négyszer magasabb légköri ólomkoncentrációt mutattak ki erre a periódusra a grönlandi hó- és jégtakaróban. Ez az eddigi legrégebbi dokumentált hemiszférikus léptékű légköri szennyeződés, csaknem kétezer évvel az ipari forradalom előtt, s jóval minden más környezetszennyező hatás előtt (Hong et al., 1994a).

A Római Birodalom virágkorában – kb. 2000 évvel ezelőtt – a feldolgozott maximális évi 80.000 t ólomnak kb. 5 %-a került a légkörbe, ami 4000 t/év légköri kibocsátási csúcsot eredményezhetett (Hong et al., 1994a). A fémfeldolgozásból származó ólomemisszió számottevő lokális és regionális levegőszennyezést is okozott Európa szerte, mely kimutatható pl. a dél-svédországi tavi üledékekben (Renberg et al., 1994). Továbbá ezen emissziók jelentősen szennyezték a troposzférát az Arktisz fölött (Hong et al., 1994a).

Rosman azt vizsgálta, hogy az ókori légkörbe kerülő ólomszennyezés honnan származik. A jégmagban található ólomizotópok arányainak elemzése alapján a Spanyolország területén található bányák voltak a légköri ólom fő forrásai. Ezeket a bányákat Karthágó ellenőrizte az i.e. 535-205 között, majd őket a rómaiak követték egészen az i.u. 410-ig. A grönlandi jégtakaróban található ólom kb. 70 %-a az i.e. 150 – i.u. 50 közötti periódusban a Spanyolország délnyugati részén található Rio Tinto bányavidékről származik (Rosman et al., 1993).

A görög-római időszak során a Grönland fölötti troposzférában az ólomkoncentráció négyszeres növekedésének jelentős része az ólom/ezüstbányászatból és -feldolgozásból származott. A Római Birodalom idején a világ ólomtermelésének kb. 40 %-át Spanyolország, Közép-Európa, Britannia, Görögország és Kis-Ázsia biztosította (Nriagu, 1983a). Az ólmot nyitott kemenékben olvasztották, amelyeknél a kibocsátást nem ellenőrizték. A távozó apró aeroszol szemcsék – ma már ismert útvonalakon – könnyen eljuthattak az Arktisz térségébe (Hong et al., 1994a).

A Római Birodalom bukását követően a légköri ólomkoncentráció drasztikusan lecsökkent, s a 7760 évvel ezelőtti háttér koncentrációs szintre esett vissza. Majd a középkor és a reneszánsz időszakában ismét emelkedni kezdett, s 470 évvel ezelőtt a Római Birodalom időszakára kimutatott érték dupláját érte el (Boutron, 1995). Aztán folyamatos volt az emelkedés az ipari forradalmat követően is, majd az 1930-as évektől kb. 1960-ig gyors növekedést jeleztek a grönlandi hó- és jégminták. Ez az üzemanyagok ólomtartalmú kopogásgátló adalékanyagaira vezethető vissza, melyeket 1923-ban alkalmazták először (Nriagu, 1990). Világméretben az 1970-es években az ólomtartalmú adalékanyagok 2/3-át az USA használta fel, amelyek 70 %-a a gépjárművek kipufogógázaival közvetlenül a légkörbe

került. Az 1960-as években megfigyelt légköri ólomkoncentrációk kb. 200-szor voltak magasabbak a természetes értékeknél. Ez az egyik legsúlyosabb – valaha feljegyzett – globális léptékű környezetszennyezés a Földön (Boutron, 1995). Az 1970-től megfigyelt jelentős mértékű csökkenés az ólmozatlan üzemanyag növekvő használatára vezethető vissza. Napjainkban az USA-ban eladott benzin teljes egészében, az Európában eladott pedig egyre növekvő arányban ólommentes (Nriagu, 1990). A legutóbbi időszak légköri ólomkoncentrációjának 75 %-áért Eurázsia a felelős (Rosman et al., 1993).

A légkör ólomszennyezettsége az Antarktiszt fölött is kimutatható már a 20. század elejétől. Az ólmozott üzemanyagok használata, majd visszaszorulása szintén nyomon követhető. Továbbá megállapítható az is, hogy az itteni antropogén eredetű ólom jelentős része Dél-Amerikából származik (Boutron, 1995). Ugyanakkor az ólom (és más nehézfémek) természetes változásai szintén számottevőek voltak az Antarktiszt légterében a földtörténeti múlt során. Alacsony értékek fordultak elő a holocén időszakban, míg ennél két nagyságrenddel nagyobb ólomkoncentrációt mutattak ki az utolsó glaciális maximum idején, kb. 20.000 évvel ezelőtt (Boutron and Patterson, 1986).

A réz bányászata és kitermelése

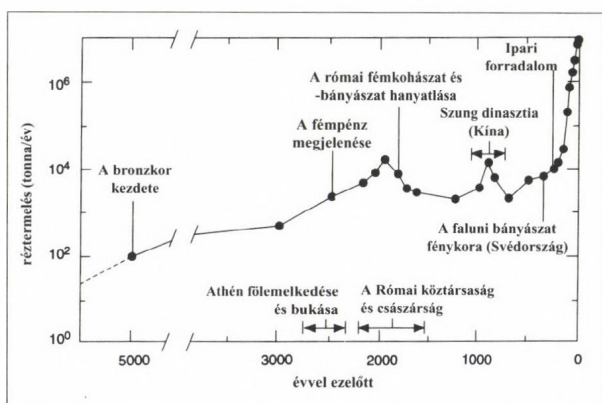
Kezdetben (kb. 7000 éve) a rezet termérszéből állították elő. Ez volt a fő kinyerési módszer kb. 2000 éven át, miután az oxidos és karbonátos ércek olvasztási technikájának fejlődése és a tin-bronz megjelenése elhozta a valódi bronzkort. Ezt követően a termelés folyamatosan nőtt. A 2700-4000 évvel ezelőtti periódusban az összes termelés kb. 500.000 t volt (Tylecote, 1976).

A római korban ugrásszerűen emelkedett a réztermelés. Ebben az időszakban a rézötvözeteket egyre nagyobb mértékben használták úgy katonai, mint polgári célokra (pl. pénzverés). A termelés kb. 15.000 t/év mennyiséggel kb. 2000 éve érte el maximumát. A főbb termelési körzetek Spanyolország területén (ebben az időben a világtermelés több mint fele innen – Huelva és Rio Tinto körzeteiből – származott), Cipruson és Közép-Európában voltak (Hong et al., 1996a). Az összes termelés a 2250-1650 évvel ezelőtti periódusban mintegy 5 millió tonna volt (Healy, 1988).

Általában, bármely fémről van szó, a kitermelés csúcsa az ország fénykorával, annak csökkenése az ország hanyatlásával jár együtt. Ez érvényes a Római Birodalomra és Kínára egyaránt. Az összes fémérc kitermelésének csökkenése – beleértve a rezet is – a Római Birodalom erejének gyengülésével kezdődött. A birodalom bukása után az európai réztermelés jelentősen visszaesett. A világtermelés kb. 2000 t/év szinten stagnált a 8. századig, majd a középkorban ismét emelkedni kezdett. Ez az emelkedés európai részről különösen a 9. századi

német és a 13. századi svéd új bányamegnyitásoknak köszönhető (utóbbi különösen Falun térségében) (Pounds, 1990).

A Római Birodalmon kívül már régtől fogva jelentős réztermelés folyt Délkelet-Ázsiában és a Távol-Keleten is. Amikor a kínai Han dinasztia (i.e. 206 – i.u. 220) kiterjesztette befolyását Délkelet-Ázsiára, Kína réztermelése kb. 800 t/év volt. A középkorban a világtermelés legnagyobb része Kínából származott (az északi Szung dinasztia uralkodása alatt). Ezen időszakban a kínai termelés elérte a 13.000 t/év maximumot, s ez okozta a 15.000 t/év világtermelési csúcsot az i.u. 1080-as években. A kitermelt réz jelentős részét pénz előállítására használták (Archaeometallurgy Group, Beijing University of Iron and Steel Technology, 1978). Az ezt követő



2. ábra. A réztermelés változásai az elmúlt ötezer év során (Hong et al., 1996b)

néhány évszázad során a termelés drasztikusan visszaesett (kb. 2000 t/év a 14. században), mielőtt újra növekedni kezdett volna az ipari forradalomtól kezdve napjainkig (2. ábra). (Összehasonlításképp: a Föld réztermelése az ipari forradalom kezdetén 10.000 t/év volt.)

Regionális és hemiszférikus léptékű légköri rézszennyezés

Az antropogén rézfelhasználás kezdetei előtt – kb. 7000 éve – a légköri réz összes mennyisége természetes forrásból származott, s ez a helyzet még 2500 évvel ezelőtt sem változott. A 2500 évvel ezelőtti időszaktól kezdve a légköri rézkoncentráció növekedett, ami az északi félgömbön bekövetkezett nagymértékű rézszennyezés következménye (Hong et al., 1996b).

A rézemissziók az ókortól napjainkig bányászati és fémkohászati tevékenységekből származnak. Ehhez csak kis mértékben járulnak hozzá egyéb antropogén tevékenységek (pl. vas- és színesfémgyártás, faégetés).

A termeléshez kapcsolódó légköri emisszió a jelentős technológiai módosulásokkal összefüggésben az elmúlt 7000 évben számottevően változott. Az ókorban a kezdetleges olvasztási eljárások miatt az emissziós faktor

kb. 15 % volt. A szulfidos ércek feldolgozásának számos lépését (pörkölés, olvasztás, oxidálás, tisztítás) kezdetben nyitott kemencékben hajtották végre. Az ipari forradalomig az emissziót figyelmen kívül hagyták. Csak ezután terjedtek el a fejlettebb kemencék és az újabb metallurgiai eljárások. A 19. század közepétől a fémfeldolgozás folyamata öt lépésre csökkent. Ezek a műszaki fejlesztések az emissziós faktor jelentős mértékű csökkenését eredményezték. A 20. században ez a tényező már csak 1 %, majd további változtatások bevezetésével mindössze 0.25 % (Hong et al., 1996a; 1996b).

A Római Birodalom korától kezdve emelkedett a Cu/Al arány a jégmintákban, ami arra utal, hogy ebben az időszakban számottevő rézszennyezés lépett föl az Arktisz fölötti troposzférában. Ez a réz valószínűleg a feldolgozás magas hőmérsékletű szakasza során keletkezett, mint kis szemcseméretű aeroszol, s került a légkörbe. Ezek az aeroszokok könnyen eljuthatnak az Arktisz térségébe a közepes szélességekről, ahol keletkeztek (a római korban: főként a Földközi-tenger medencéje, elsősorban Spanyolország; a középkorban: Kína).

A jégmintákban tapasztalt Cu/Al arány változása megegyezik az antropogén réz emisszió becsült változásával. A grönlandi jégből származó adatok alacsony értékeket mutatnak a kb. 2500 évvel ezelőtti időszakig, közepes értékeket a római időktől az ipari forradalomig, s hirtelen emelkedő értékek mutatkoznak a jelenhez közeli időszakban. A római kori adatok nagy változékonyságot jeleznek. Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy ebben a korban a réz előállítása rövid időszakonként történt, annak függvényében, hogy éppen mennyi rézpezérre volt szükség (Hong et al., 1996b).

A grönlandi jégminták szerint – a termelési adatokat összevetve az emissziós faktorokkal – a légköri rézkibocsátás két alkalommal kulminált az ipari forradalmat megelőző időszakban: az első csúcs a Római Birodalom fénykorában lépett fel kb. 2000 évvel ezelőtt, mintegy 2300 t/év értékkel, amikor elterjedt a fémpezér használata az ókori Mediterráneumban, a második pedig az északi Szung dinasztia (960-1279) virágkorában, az i.u. 1080 tájékán mutatkozott Kínában kb. 2100 t/év értékkel, amikor a kínai gazdaság erősen piacosaodott, s fellendült a réztermelés. Mivel akkoriban a kohászati technológia még kezdetleges volt, a kiolvasztott réznek kb. a 15 %-a a levegőbe került. Jóllehet a római- és a Szung kori teljes rézemisszió nagyjából a tizede az 1990-es években történt rézkibocsátásnak, a réztermelés ugyanakkor a modern kori szint egy századát sem érte el. A rézemissziók által előidézett hemiszférikus léptékű légszennyezés több mint 2500 éves múltra tekinthet vissza, s a római- és a Szung kor rézkibocsátási mutatói olyan magasak voltak, mint 1750 előtt soha máskor (Hong et al., 1996a).

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok Claude F. Boutron-nak, valamint Peter Brimblecombe-nak rendkívül konstruktív tanácsaikért és javaslataikért, Rácz Lajosnak önzetlen segítségért, valamint Noa Fellernek, Ian Strachannak és Keith Bouchernek a hasznos információkért. Megköszönöm továbbá Csikász Lajos közreműködését az ábrák elkészítésében.

Makra László
Szegedi Tudományegyetem

Hivatkozások

- Archaometallurgy Group, Beijing University of Iron and Steel Technology, 1978: A Brief History of Metallurgy in China. *Science Press, Beijing*
- Ausset, P., Bannery, F., Del Monte, M. and Lefevre, R.A., 1998: Recording the pre-industrial atmospheric environment by ancient crusts on stone movements. *Atmospheric Environment*, **32**, 2859-2863.
- Boutron, C.F. and Patterson, C.C., 1986: Lead concentration changes in Antarctic ice during the Wisconsin/Holocene transition. *Nature*, **323**, 222-225.
- Boutron, C.F., 1995: Historical reconstruction of the Earth's past atmospheric environment from Greenland and Antarctic snow and ice cores. *Environmental Review*, **3**, 1-28.
- Boutron, C.F., Candelone J.P. and Hong, S., 1994: Past and recent changes in the large scale tropospheric cycles of Pb and other heavy metals as documented in Antarctic and Greenland snow and ice: a review. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **58**, 3217-3225.
- Boutron, C.F., Görlach, U., Candelone, J.P., Bolshov, M.A. and Delmas, R.J., 1991: Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since the late 1960s. *Nature*, **353**, 153-156.
- Boutron, C.F., Rudniew, S.N., Bolshov, M.A., Koloshnikov, V.G., Patterson, C.C. and Barkov, N.I., 1993: Changes in cadmium concentrations in Antarctic ice and snow during the past 155.000 years. *Earth and Planetary Science Letters*, **117**, 431-444.
- Bowler, C. and Brimblecombe, P., 2000: Control of Air Pollution in Manchester prior to the Public Health Act, 1875. *Environment and History*, **6**, 71-98.
- Brimblecombe, P., 1987: The big smoke. A history of air pollution in London since medieval times. *Methuen, London and New York*, 184 p.
- Brimblecombe, P., 1995: History of air pollution. In: Singh, H.B. (ed.), *Composition, Chemistry and Climate of the Atmosphere*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1-18.
- Brimblecombe, P. and Pfister, C., 1990: The silent countdown. Essays in European Environmental History. *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*.
- Epstein, R., 1992: Pollution and the Environment. *Vajra Bodhi Sea: A Monthly Journal of Orthodox Buddhism*. Pt. 1, v. 30, pp. 36, 12.
- Goldstein, E. (ed.), 1988: Pollution. Social Issues Resources Series, Inc., *Boca Raton FL*, 182 p.
- Hartwell, R., 1967: A Cycle of Economic Change in Imperial China: Coal and Iron in Northeast China, 750-1350. *Journal of the Economic and Social History of the Orient/Journal d'Histoire économique et sociale de l'Orient*, **10**, 102-159.
- Healy, J.F., 1988: Mining and Metallurgy in the Greek and RomanWorld. *Thames and Hudson, London*
- Heidorn, K.C., 1978: A chronology of important events in the history of air pollution meteorology to 1970. *Bulletin of American Meteorological Society*, **59**, 1589-1597.
- Hong, S., Candelone, J.P., Patterson, C.C. and Boutron, C.F., 1994a: Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millennia ago by Greek and Roman civilizations. *Science*, **265**, 1841-1843.
- Hong, S., Candelone, J.P. and Boutron, C.F., 1994b: Greenland ice history of the pollution of the atmosphere of the northern hemisphere for lead during the last three millennia. *Analisis*, **22**, M38-M40.
- Hong, S., Candelone, J.P., Soutif, M. and Boutron, C.F., 1996a: A reconstruction of changes in copper production and copper emissions to the atmosphere during the past 7000 years. *The Science of the Total Environment*, **188**, 183-193.
- Hong, S., Candelone, J.P., Patterson, C.C. and Boutron, C.F., 1996b: History of ancient copper smelting pollution during Roman and medieval times recorded in Greenland ice. *Science*, **272**, 246-249.
- Karatzas, K., 2000: Preservation of environmental characteristics as witnessed in classic and modern literature: the case of Greece, *The Science of the Total Environment*, **257**, 213-218.
- Karatzas, K., 2001: Some historical aspects of urban air quality management. *The Third International Conference on Urban Air Quality and Fifth Saturn Workshop. Measurement, Modelling and Management. 19-23 March 2001. Loutraki, Greece. Institute of Physics, Extended Abstracts CD-ROM, Canopus Publishing Limited*.
- Makra, L., 2000: Barangolások Kínában. *Változó Világ 37, Press Publica Kiadó, Budapest*, 128 p.
- Mamane, Y., 1987: Air Pollution Control in Israel during the First and Second century. *Atmospheric Environment*, **21**, 1861-1863.
- Markham, A., 1994: A Brief History of Pollution. *London, Earthscan*
- McNeill, J.R., 2001: Something new under the Sun. An environmental history of the twentieth-century world. W.W. Norton & Company – New York – London,
- Mészáros, E., 2001: A Föld rövid története. *Vince Publisher Ltd, Budapest*, 168 p.
- Mészáros, E., 2002: Az ember és környezete az ipari forradalom előtt. *História*, **5-6**, 21-24.
- Nriagu, J.O., 1983a: Lead and Lead Poisoning in antiquity. *Wiley, New York*
- Nriagu, J.O., 1983b: Occupational exposure to lead in ancient times. *Science of the Total-Environment*, **31**, 105-116.
- Nriagu, J.O., 1990: The rise and fall of leaded gasoline. *Science of the Total Environment*, **92**, 12-38.
- Pounds, N.J.G., 1990: An Historical geography of Europe. *Cambridge, London*
- Renberg, I., Persson, M.W. and Emteryd, O., 1994: Pre-industrial atmospheric lead contamination detected in Swedish lake sediments. *Nature*, **368**, 323-326.
- Rosman, K.J.R., Chisholm, W., Boutron, C.F., Candelone, J.P. and Görlach, U., 1993: Isotopic evidence for the sources of lead in Greenland snows since the late 1960s. *Nature*, **362**, 333-335.
- Schafer, E.H., 1962: The Conservation of Nature under the Tang Dynasty. *Journal of Economic and Social History of the Orient*, **5**, 299-300.
- Turco, R.P., 1997: Earth and Seige: From Air Pollution to Global Change. *Oxford University Press, Oxford*
- Tylecote, R.F., 1976: A history of metallurgy. *Mid-County, London*
- Weeber, K.W., 1990: Smog über Attika: Umweltverhalten im Altertum. *Artemis, Zürich*

JELENTÉS A METEOROLÓGIAI VILÁGSZERVEZET XIV. KONGRESSZUSÁRÓL

Az Emberiség két csoportba sorolható, azokra, akik részt vettek WMO¹ Kongresszuson, s azokra, akik nem vettek részt ilyen eseményen. Ez év május 5-e előtt még én is az Emberiség azon nagyobb (lehet hogy boldogabb?) hányadába tartoztam, aki még nem vett részt WMO Kongresszuson. Így nagy érdeklődéssel és sok-sok izgalommal készülődtem arra, hogy mi vár rám Genfben. Beszámolóm nem hivatalos jelentés, ahol a napirendi pontoknak megfelelően csokorba szedve számolunk be a tanácskozási menetéről. Inkább benyomásaimat, élményeimet szeretném megosztani az olvasóval, hogy eldönthesse irigyeljen vagy sajnáljon ezért az útért. Mert hát első hallásra, három hét Genfben a Szolgálat Elnökével, nagyon csábítónak hangzik. A készülődés izgalmát elsősorban nem az utazás várható eseményei okozták, hanem az, hogy ez olyan kiemelt nemzetközi rendezvény, amin a magyar delegáció már kormány megbízólevéllel vesz részt. Mert ugye mi kell egy ilyenhez? Hát egy kormányhatározat. Ahhoz meg egy miniszteri előterjesztés. Ha mindez megvan, akkor már csak a miniszteri aláírás kell hozzá. Mindenesetre legalább négy hónappal a használati idő előtt célszerű hozzákezdeni a megszerzéséhez. Ha nem készül el időre, végül is az én lelkemen szárad, miért nem indítottam el az aktát korábban. Aztán minden jó, ha jó a vége. A megbízólevél is elkészült, s mi is épségben megérkeztünk Genfbe, ezúttal a közlekedés lassabb, de kevésbé megbízható módját, az intézeti automobilal való közlekedést választva. Ami, s

ezt könnyen beláthatjuk, hordozott magával némi nem elhanyagolható kockázatot, mivel a táv felét jelen sorok írója vezette.

A Világszervezetben 181 ország és 6 terület képviselteti magát. A Kongresszuson több mint 800 delegált volt jelen 171 ország és 36 nemzetközi szervezet képviselőjében. Ez több mint a négy évvel ezelőtti 500 küldött, de kevesebb, mint az akkori 178 képviselt ország. Valószínű 100%-os jelenlét sose volt és sose lesz. Az utazási költség és a genfi tartózkodás kigazdálkodása még nagyobb országoknak is gondot okoz, hát még a néhány tízezres, de teljes tagsággal bíró, óceániai kis szigetországoknak. A megjelent országok és területek közül szavazati joga azonban csak 161-nek volt. A legalább kétéves tagdíjhátralékban lévő nem szavazhat. Magyarországot a Szolgálat elnöke, *Mersich Iván*, a Honvédség Meteorológiai Szolgálatának vezetője *Nagy Sándor* ezredes, s a jelen sorok írója, mint kiutazók képviselték. A helyszínen csatlakozott a küldöttséghez *Szalókiné Csima Katalin* követségi másodtitkár.

A Kongresszusra a genfi diplomata körökben, joggal, csak bunkernek nevezett épületben került sor. Mindenesetre ocsmány egy épület. Részben földbe süllyesztve, teljes mértékben megfelelő egy bunker formai kívánalmainak. Ezzel együtt mindenképp praktikus alkotmány. Van benne minden, ami egy jó kis kongresszushoz kell, sok-sok terem plenáris, munkacsoport, bizottsági és egyéb ülések tartásához, kávézó, képeslapáruda, rengeteg telefonfülke, telefon nél-

kül, de ingyenes internet hozzáférés, aminek leginkább az itthon maradtak örültek, a folyamatos kapcsolattartás miatt. S ami a legfontosabb egy, a helyi árakhoz képest olcsó kávézó, ahol minden nap háromféle menüt lehetett kapni: Le délégue (A kiküldött), La congrés (A kongresszus) és Plat de jour (Napi ajánlat). Szerencsére a cím mögött a tartalom naponta változott, miként az árak is, általában 9 és 12 svájci frank között (1500 – 2000 magyar forint). Az ásványvíz palackja viszont 3 frank volt, így a delegátusok kevésbé tehetősebb része, szerény személyemet is beleértve, gyorsan rákapott az ülésteremben ingyen hozzáférhető hordós vízre.

Hogy egészen pontosan miről is tárgyalt a Kongresszus 3 héten keresztül röviden nehéz összefoglalni. Négy év munkájáról, 187 tagállamot valamilyen módon érintő programokról, 8 Bizottság² tevékenységéről, együttműködésről számtalan nemzetközi szervezettel, 250 millió svájci frank négy év alatti elköltéséről, a segítségnyújtás módjáról a legkevésbé fejlett országoknak, a nők egyenlő esélyeiről a meteorológiában és hidrológiában, s még számtalan más dolgról kellett itt számot adni. Terveket kellett készíteni a jövőre, költségvetést jóváhagyni, megállapítani a főtitkár fizetését, s egyáltalán mindenben egyetértésre jutni, legalábbis annyira, hogy már senki ne kérjen szót, hogy ez vagy az neki nem tetszik a szövegben. Szóval nem is olyan hosszú idő ez a három hét. Akit igazán érdekelnek a részletek, a meg tárgyalt anyagok, a Kongresszus

¹ World Meteorological Organization, Meteorológiai Világszervezet

² CAS: Commission for Atmospheric Sciences, CCI: Commission for Climatology, CBS: Commission for Basic Systems, CIMO: Commission for Instruments and Methods of Observation,

CAGM: Commission for Agricultural Meteorology, CHy: Commission for Hydrology, CMM: Commission for Marine Meteorology, CAeM: Commission for Aeronautical Meteorology, Alap: CBS, CIMO, CHy, CAS; Alkalmazott Bizottság: CAeM, CAGM, CMM, CCI

határozatai, az némi angol, francia, orosz, spanyol, kínai vagy arab nyelvismeret birtokában utánanézhet mindennek a Világszervezet honlapján,

ftp://www.wmo.ch/Documents/sessions/Cg-XIV/.

A csak portugálul tudóknak sajnos még egy kicsit várniuk kell, mert a WMO ismételtelen nem emelte hivatalos munkanyelvei közé a portugált. Mivel a határozathozatal előtt mind a hat nyelven hozzáférhetőnek kell lenniük a dokumentumoknak szintén érthető a kissé hosszú tárgyalási időszak. Az egyes napirendi pontok tárgyalását, ha szükséges, határozatok elfogadása zárja.

A szokásos szervezési napirendi pontok, megnyitó, megbízólevelet vizsgáló bizottság, jelölőbizottság jelentése után, illetve részben ezekkel felváltva kezdődött az érdemi munka, a dokumentumok megtárgyalása. A munkadokumentumok tárgyalása két megosztott munkacsoportban párhuzamosan (A és B), valamint együttes munkacsoportban zajlott. Ez utóbbi lényegileg plenáris ülést jelentett. Az A munkacsoportot *Tyrone W. Sutherland* (Brit Karibi Területek), *Azzeddine Diouri* (Marokkó) és *Alioune Ndiaye* (Szenegál), míg a B csoportot *Ali Mohammad Noorien* (Irán) és *Alexander Ivanov Bedritsky* (Orosz Föderáció) elnökölték, felváltva. Az együttes munkacsoport ülését *Jean-Pierre Beysson* (Franciaország) vezette.

A tárgyalás menete amúgy ropant egyszerű. A kettőnél kevesebb küldöttségből álló delegáció a munkacsoportüléseknél döntési kényszerbe kerül, A vagy B. Ilyen helyzetben volt például a „Hong Kong, Kína” küldöttség, ami szigorúan egy főből állt. Ez önmagában még

nem lett volna probléma, de mivel a küldöttségek ábécé sorrendben ülnek, némi betűsorrend-keveréssel, „Hong Kong” és „la Hongrie” szomszédok. Egészen pontosan én a hong kongi kolléga mellett ültem, aki rögtön a nyakamba borult. Tekintettel a SARS vírusról szóló híradásokra, nem váltott ki belőlem ez a barátságos lépés osztatlan lelkesedést. A kölcsönös barátság jegyében egyébként később megtanítottuk egymást arra, hogyan kell jó napot köszönni a másik nyelvén. Frissen szerzett tudásomat mindjárt ki is próbáltam Kína küldöttségén, akik először nem értették, hogy mi bajom, de utóbb igyekeztek jó képet vágni a dologhoz. A harmadik nap a hong kongi kolléga egyszerre csak eltűnt. Csak nem tört ki rajta a tüdőgyulladás? Őszinte megkönynyebbülésemre a B munkacsoport termében fedeztem később fel. Néhány nappal később ugyan trüszkölni kezdett, de már túl a lappangási időn. Azt hiszem csak egy szimpla helyi nátha volt. Hiába, aki nem bírja a klímát.

A WMO által előzetesen kiküldött anyag kb. 1000 oldalt tesz ki, amihez még hozzájárul a 180 oldalas, külön könyvben kiadott pénzügyi tervezet. Ehhez még a helyszínen is kiosztanak némi plusz anyagot. Ilyen volt például, már az új főtitkár megválasztása után, a leköszönő főtitkár érdemeit taglaló munkaanyag. Aki csak ezt olvassa, az sose fogja megérteni, hogy miért akarták már két kongresszussal korábban leváltani a főtitkárt.

A hivatalos kongresszusi ülések mellett még számos nyilvános és zártkörű egyéb alkalmi bizottság is ülésezett. A teljesség igénye nélkül: Tájékoztató az RA VI tagjainak az Európai Szub-regionális hivatalról, RA elnökök értekezlete, Megbízólevél Bizottság, Hidrológiai Albizottság, Költségvetési Albizottság,

ICWED³ és ICCED⁴ találkozók, Koordinációs Bizottság, Balkáni Országok Találkozója, Technikai Bizottságok elnökeinek nem hivatalos összejövedele, Minőségbiztosítási Csoport, Éghajlat monitoring és adatbázis, GAW⁵, GCOS⁶, A tagok hozzájárulása albizottság, Jelölő Bizottság, A nemzeti szolgálatok szerepe és tevékenysége albizottság.

Ragadjunk ki egy napirendi pontot a sok közül, s nézzük meg mi történt vele. Mondjuk, legyen ez a 3.2.1 Együttműködés az Éghajlati Tárgysorozat⁷ keretében. Elhangzik egy beszámoló a Végrehajtó Bizottság tanácsadó csoportjának negyedik üléséről. A csoport jelentésének főbb elemei bekerülnek az ülésszak összefoglaló jelentésébe. A jelentés értékeli a WMO tevékenységét a különböző szervezetek éghajlati munkájában, különös tekintettel az Éghajlati Világprogramban kifejtettekre. A Titkárság által előre kiadott anyag ugyanakkor felveti a 3. Éghajlati Világkonferencia⁸ megrendezésének lehetőségét a soron következő pénzügyi tervezési időszakban, azaz 2004 és 2007 között. Az eredeti szöveg ezt határozott célként tűzi ki. Az Egyesült Államok küldöttsége nem értett egyet a kezdeményezéssel. Javasolta a szöveg megváltoztatását. A titkárság ezt végrehajtotta, a módosított szöveg, mint új változat munkaanyagként, azaz színes borítóval ellátva⁹ újabb tárgyalásra került. Ez az újabb változat sem nyerte meg az amerikai kollégák tetszését. A szöveg ismét módosításra került. Hosszas egyeztetés és tárgyalás után, amelyhez többek között hong kongi kollégám is többször hozzászólt, alakult ki a végleges szöveg, ami már megkaphatta a rózsaszín borítót, azaz „pink” lett belőle, ami a kongresszusi jóváhagyás előtti állapotot jelenti. Ezeket a „pinkeket”

³ ICWED: Informal Conference of Western European Directors

⁴ ICCED: Informal Conference of Central European Directors

⁵ GAW: Global Atmospheric Watch

⁶ GCOS: Global Climate Observing System

⁷ Climate Agenda

⁸ World Climate Conference-3 (WCC-3)

⁹ kék vagy zöld, aszerint,

hogy A vagy B munkacsoport anyaga

plenáris ülés keretében az Elnök hagyatja jóvá. Ezen általában már nem szoktak változtatni. A Klíma konferenciára vonatkozó végleges szöveg végül csak arról szól, hogy ebben a kérdésben megoszlik a tagok véleménye, s kéri a Kongresszus a Főtitkárt, hogy hozzon létre egy előzetes bizottságot a kérdés megvitatására. Az éghajlat változás megítélésében megnyilvánuló politikai érdek jelen esetben érvényesítette halasztó szándékát. Egy-egy ilyen vita során a hozzászólók közt van érdemi és nem érdemi egyaránt. Néha úgy tűnik, hogy teljes az érdektelenség, aztán egy érdektelennek tűnő megjegyzés egész hozzászólás lavinát indít el. Sok múlik az elnöklő személyen is, persze. Ezen a kongresszuson a levezető elnökök inkább hagyták, mint fékeztek a hozzászólókat, de ennek ellenére sikerült keretben tartani a tanácskozást, azaz nem csúszott ki a megszabott időből a Kongresszus.

A legfontosabb WMO tevékenység a kezdetektől fogva a *meteorológiai megfigyelések összehangolása*. A program tárgyalása a CBS és a CIMO elnökeinek beszámolójával kezdődött. Megtárgyalásra került a globális megfigyelő rendszer helyzete, az ehhez kapcsolódó adatátviteli rendszer, ami a megfigyelések harmonizálása mellett a legfontosabb WMO feladat, különös tekintettel arra, hogy a meteorológiai megfigyelésnek az egész világra ki kell terjedni, s az adatátvitelt minden irányban biztosítani kellene. Komoly gond, hogy vannak országok, ahol a műhold képek folyamatos átvitele se okoz fejtörést, míg szomszédjaik az egyszerű telex átvitelt is csak nehezen tudják biztosítani. A Kongresszus támogatta a CBS javaslatát, hogy új alapokra kell helyezni a globális

megfigyelő rendszert. A hazánkat is érintő kérdésekben figyelemre méltó, hogy a Kongresszus az RA VI-on belül méltatta az EUMETNET¹⁰ és az EUCOS¹¹ szerepét, amely szervezetekhez a magyar szolgálat is szeretne mielőbb teljes jogú tagként csatlakozni. Külön napirendi pont alatt került sor a WMO műholdas tevékenységére. A Világszervezet nem tart fenn semmilyen operatív szervezetet sem, így saját műholdakat sem, csak a különböző országok által fellőtt holdakkal kapcsolatos munkák nemzeti szolgálatok által történő hasznosításhoz nyújt segítséget. Külön pont alatt számolt be szervezete tevékenységéről az EUMETSAT¹² elnöke. A WWW¹³ tárgykörében megtárgyalásra került a minket kevésbé érintő trópusi ciklon, valamint az Antarktisz program. A Kongresszus megállapította, hogy a WWW kevesebb többlettámogatást kapott, s szükséges további költségforrások megszerzése abból a célból, hogy fejlesszék a WWW infrastruktúráját, elsősorban a fejlődő országokban, mivel ez a legfontosabb program. Alapja az éghajlati megfigyelésnek, a meteorológiai és hidrológiai szervek működésének. A vonatkozó határozat számos pontban kérte a Végrehajtó Bizottságot, a Főtitkárt, a CBS-t, s természetesen a tagállamokat, hogy különböző lépésekkel segítsék elő a program sikeres végrehajtását.

Az *éghajlati program* tárgyalása a CCI elnöki jelentésével kezdődött. A Bizottság egyéb tevékenységei mellett a Kongresszus értékelte, hogy befejeződött az éghajlati útmutató¹⁴ első részének átírása, s ugyanakkor sürgette a második rész mielőbbi elkészítését. Tárgyalásra került a WMO szerepe a különböző éghajlati kutatásokban, részvétele

az IPCC¹⁵ működésében és az Éghajlat-változási megállapodásokban¹⁶. Foglalkozott a Kongresszus az éghajlati megfigyelésekkel¹⁷, az éghajlati adattovábbítás, archiválás és feldolgozás gondjaival is, különös tekintettel az éghajlati információk hasznosíthatóságára¹⁸. A Kongresszus külön határozatban köszöntötte az IPCC tevékenységét és kérte a tagokat az aktív részvételre valamint ösztönzi a kormányokat és a megfelelő nemzetközi szervezeteket tevékenységének támogatására. További határozatban fogadta el a Kongresszus az éghajlat monitoring alapelveit.

A *léggör általános állapotával* foglalkozó program több kisebb, de nagyon fontos egyéb tevékenységet foglal össze. CAS tevékenységének meghallgatásával kezdődött ennek a pontnak a megvitatása. Idetartozik az ózon megfigyelés, valamint a léggöri gázok monitoringja¹⁹ is. Az időjárási program keretében külön kiemelték a THORPEX²⁰ fontosságát, amely egy tíz éves nemzetközi globális léggör-megfigyelési együttműködés a CAS felügyelete alatt, s fontos része a WWW-nek. Foglalkozott a Kongresszus a trópusi meteorológiai, a felhőfizikai és -kémiai kutatással valamint az időjárás módosítás kérdésével, különösebb hangsúly nélkül.

A WMO-nak négy alkalmazott meteorológiai bizottsága van. Ezek, illetve az ezekhez csatlakozó programok külön napirendi pont alatt kerültek megtárgyalásra. Az első helyen a *nyilvános meteorológiai szolgáltatások*²¹ szerepeltek. Itt esett szó a nemzeti szolgálatok és a magán meteorológiai szolgáltatók kapcsolatáról. A tömegtájékoztatási eszközök és a meteorológiai szolgáltatók közötti kapcsolat a szakma elfogadottsága szempontjából na-

¹⁰ EUMETNET: European Meteorological Network

¹¹ EUCOS: EUMETNET Composite Observing System

¹² European Organization for Exploitation of Meteorological Satellites

¹³ World Weather Watch

¹⁴ Guide to Climatological Practice

¹⁵ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (WMO/UNEP)

¹⁶ Conventions on Climate Change, on Biodiversity and on Desertification

¹⁷ Global Climate Observing System

¹⁸ CLIPS: Climate Applications and Services Programme

¹⁹ GAW: Global Atmosphere Watch

²⁰ The Hemispheric Observing System Research and Predictability Experiment

²¹ PWS: Public Weather Services Programme

gyon nagy jelentőséggel bír. A két fél közötti pozitív dialógus eredménye az IABM²² kapcsolódása a PWS-hez. A Kongresszus értékelte a gazdasági-társadalmi valamint technikai változásokat, amelyek újabb kihívást jelentenek a nemzeti szolgálatoknak, különösen a tömegtájékoztatásban. A globalizáció és a kereskedelmi verseny a szolgálatok támogatásának csökkenését okozhatja, nyomást gyakorolva a nemzeti szolgálatokra, hogy vizsgálják felül és optimalizálják tevékenységüket, különösen a veszélyes időjárási helyzetekben adott előrejelzéseik, vagy más nyilvános produktumaik tartalmát illetően. A meteorológiai információk minél jobb terjesztésének fontos szerepe lehet a természeti katasztrófák hatásainak csökkentésében. Az *agrometeorológiai program* beszámolója a CAgM alelnökének beszámolójával kezdődött. Ez a Bizottság is számos kisegítő tevékenységben működik közre. Egyik legnagyobb vállalkozása az agrometeorológiai tájékoztatások világhálósítása, a WAMIS²³ szerver létrehozása.

A CAeM tevékenységének ismertetése vezette be a *repülésmeteorológiai program* értékelését, aminek keretében tárgyalták a WMO és az ICAO²⁴ együttműködését, a költségtérítés problémáját, valamint a WAFS²⁵ rendszer fejlesztését. A Kongresszus határozatában leszögezte, hogy a repülés a meteorológiai szolgáltatások elsődleges felhasználója az egész világon, ennek megfelelően folytatni kell az erőfeszítéseket mind tudományos, mind technikai, mind adatközlési téren a repülés magas szintű meteorológiai kiszolgálására. A szoros együttműködés a WMO és az ICAO között alapvető fontosságú. A Kongresszus öröm-

mel állapította meg, hogy a WMO és az ICAO közös erőfeszítéseinek megfelelően a montreali konferencián²⁶ nem változtatták meg a jelenlegi gyakorlatot a repülésből származó költségtérítését illetően. A Kongresszus ösztönözte tagjait, hogy szorosan működjenek együtt az ICAO megfelelő hazai képviselőivel a költségtérítés kérdésében. A Kongresszuson tájékoztató hangzott el az Európai Közösség „Single European Sky” kezdeményezéséről, ami jelentős hatással lehet az európai repülésmeteorológiai szolgáltatókra. A repüléssel kapcsolatos kérdések részben a WMO előtt álló kihívások pont alatt is tárgyalásra kerültek.

Az ülészak meghallgatta a Hidrológiai Bizottság jelentését. Megtárgyalásra került a hidrológiai adatok cseréje, szokás szerint a WMO elnevezésnek megváltoztatása (legalább alcímbe kerüljön be a „hidrológia”), a kormányközi együttműködés az ivóvíz biztosítására, a nemzeti meteorológiai és hidrológiai szolgálatok együttműködésének problémája, valamint a program végrehajtásához szükséges együttműködések kérdése is. A hozott határozat kiemelte a fenntartható fejlődés iható víz problémáját, a vízzel kapcsolatos katasztrófák növekvő emberi élet és tulajdon veszteségeit. A program sikeres végrehajtása érdekében a határozat számos pontban kérte a nemzeti szolgálatok és a WMO szervek hatékony közreműködését.

A Meteorológiai Világszervezet mindig is nagy hangsúlyt helyezett a képzésre. A különböző, ma már elektronikusan is elérhető anyagok mellett fontosak a regionális képzési központoknak. Ezeknek elsősorban a fejlődő országok szakember utánpótlásában van nagy szerepük. A Kongresszus megvitatta az 5.

hosszú távú program végrehajtásáról szóló jelentést. Ez után került sor a 6. hosszú távú program (2004-2011) célkitűzéseinek megbeszélésére, valamint a 7. hosszú távú program előkészítésére. A WMO jövőképét illetően a Kongresszus elfogadta, mint alapelvet, hogy célja segíteni a világ vezetőit szaktudással és nemzetközi együttműködéssel az időjárás, az éghajlat, a hidrológia és a víz erőforrások, valamint a kapcsolódó környezeti kérdésében, s hozzájárulni a népek biztonságához, jólétéhez az egész világon valamint minden nemzet gazdasági hasznához. A 7. hosszú távú program előkészítéseként a Kongresszus a Végrehajtó Bizottság és Főtitkár részére szabott meg feladatokat.

A WMO előtt álló folyamatos kihívások közé tartozik a nemzetközi adat- és produktumcsere kérdése, különös tekintettel a Res 40(Cg-XII)²⁷ végrehajtására és a vele kapcsolatos fejleményekre. Hasonlóan terítékre került a hidrológiai adatok cseréjére vonatkozó Res 25(Cg-XIII) végrehajtása is. A vita központi kérdése volt továbbra is a szabad és korlátozásmentes adatáramlás és a piaci tevékenység ellentmondásának feloldási lehetősége, mely szükségszerűen zátynyira futott. A különböző témákhoz kapcsolódó adatcserék (éghajlati, agrometeorológiai) között kiemelt szerepet játszik a repülés biztosítását szolgáló meteorológiai adatok cseréje. Ennek megfelelően kapott hangsúlyt az együttműködés kérdése az ICAO-val illetve az AMDAR²⁸ adatok jövőbeli szerepe.

A *nemzeti meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatok szerepe és működése*, együttműködése a nemzeti hidrológiai szolgálatokkal is szerepelt a WMO előtt álló, megtárgyalandó kihívások között. Az

²² IABM: International Association of Broadcast Meteorology

²³ WAMIS: World Agrometeorological Information Service

²⁴ ICAO: International Civil Aviation Organization

²⁵ WAFS: World Area Forecasts System

²⁶ Economics of Airports and Air Navigation Services, Montreal 2000

²⁷ Res 40(Cg-XII): WMO policy and practice for exchange of meteorological and related data and products including guidelines on relationship in commercial meteorological activities

²⁸ AMDAR: Aircraft Meteorological Data Relay

egyéb lehetséges együttműködések mellett külön szó esett a természeti katasztrófák lehetséges csökkentésében játszható meteorológiai szerepről is. A nemzeti meteorológiai és hidrológiai szolgálatok szerepével kapcsolatban a Kongresszus megerősítette, hogy alapvető küldetésük az

- élet és vagyonvédelem,
- a környezet oltalmazása
- hozzájárulás a nemzeti biztonság-hoz és a fenntartható fejlődéshez
- szervezetük hatékonyságának belső természetes fejlesztése.

A Kongresszus határozatban kérte a tagállamokat, hogy mindent tegyenek meg; hogy saját kormányuk fenntartsa és fejlessze az alapvető meteorológiai és az ehhez kapcsolódó infrastruktúrát, amelyet a szolgálatok üzemeltetnek a közérdeknek megfelelően; hogy folytassák az alapvető adatok és produktumok szabad és korlátozásmentes cseréjét a tagállamok és nemzeti szolgálataik között; hogy tartsák magas szinten a nemzetközi együttműködést; hogy hatékony együttműködést hozzanak létre a tömegtájékoztatási eszközök, az akadémiák és a magán meteorológiai szektor között.

A Konvenciót illetve az általános szabályozást illetően a Kongresszus néhány kisebb jelentőségű határozatot fogadott el. Szóba kerültek a WMO által adott díjak, s tárgyalták az egyes országok hozzájárulási arányát is. A hozzájárulási arány 2004-ben nem változik, míg a 2005-től 2007-ig a felosztást hozzá kell igazítani az ENSZ skálához, s ennek megfelelően változtatni kell a tagsági díj különbségeket. A minimális hozzájárulás 0,02%. Magyarország fizetési hányada 2004-re 0,12%. A legnagyobb tagdíjfizetők: Egyesült Államok 21,55, Japán 19,11, Németország 9,56, Franciaország 6,32%, Oroszország 1,18%-ot, míg Kína 1,5%-ot fizet.

A munkaanyagok megtárgyalása közben igazi felüdülés volt az új főtitkár kinevezése. A kongresszus 9. napján került sor erre a nagy izga-

lommal várt eseményre. Az alapszabály értelmében a főtitkár személyét nem választják (election), hanem kinevezik (appointment). Ennek a meghatározásnak azért van jelentősége, mert a választáshoz elegendő az egyszerű többség, míg a kongresszus többi döntéséhez kétharmadra van szükség. Két jelölt, *Jean-Pierre Beysson* (Franciaország) és *Evans Arthur Mukolwe* (Kenya) indult harcra a főtitkári székért. A szavazás roppant ünnepélyes szertartás. A WMO alkalmazottai behozták a szavazó urnát, megmutatják a szavazóknak, hogy üres, lezárják, s a főtitkárhelyettes a francia ábécének megfelelően hívja a szavazati joggal rendelkezőket. Két-két ellenőr ül az urna két oldalán és pipálja a szavazókat, akik maguk előtt tartják az országuk nevét mutató táblát. A szavazási procedúra során alkalmam volt megcsodálni két óceániai ország képviselőinek sajátos eleganciáját, akik a sötét zakó és nyakkendő alá egy sötét asztalkendőszerszűséget tettek derekukra, úgy lábszárközépig. Férfi küldöttekről lévén szó, megjelenésükön határozottan emelt az ehhez csatlakozó, félretaposott strandpapucs. Egy rövid időre benem is felmerült, hogy kísérletet tesznek eme divat meghonosítására kis hazánkban, de a hivatalvezetés nem kimondottan támogatta ez irányú elképzelésemet. Az első körben Mukolwe 85, Beysson 70 szavazatot kapott, így a kenyai a támogatott jelölt. Mivel nem volt kétharmados többség, szavazásra került (igen-nemmel), hogy a leginkább támogatott jelöltet kívánják-e főtitkárnak. Eredmény 160 szavazat, 2 üres, 90 igen, 68 nem. Nincs meg a kétharmados támogatás, újabb forduló. Eredmény: 160 szavazat, 1 érvénytelen, 2 üres, 88 igen és 69 nem. Most sincs meg a kétharmad. Három folytatás lehetséges. További igen-nemszavazás, új eljárás, a jelenlegi helyzet fenntartása egy bizonyos ideig. Hosszas, feszültségtől és indulatoktól sem mentes vita során, valószínűleg Mukolwe támogatói

arra kívánják rávenni a kongresszust, hogy sima többséggel döntson. Mivel ezt az alapszabály nem teszi lehetővé, az elnök újabb igen-nemszavazást rendel el. Eredmény, 160 szavazatból 72 igen, 86 nem, két üres szavazólap mellett. Egyértelmű, hogy a többség már nincs Mukolwe mögött. Az Elnök új eljárást kezdeményez. Ennek során bárkit lehet jelölteni. Három név hangzik el: *Michel Jarraud* (a jelenlegi főtitkárhelyettes, jelölő ország: Bahrein), *Evans Arthur Mukolwe* (az eddigi jelölt, jelölő ország: Ghána) és *John Zillman* (a WMO jelenlegi elnöke, jelölő ország: Kanada), aki viszont nem fogadja el a jelölést. Ismét két jelölt közül választ a Kongresszus. Az ötödik szavazási menetben, este fél hétkor megvan az új főtitkár *Michel Jarraud* személyében, aki a 159 leadott szavazatból 109-et kapott Mukolwe 50 voksával szemben.

Szép szabályos rendben, különösebb izgalom nélkül zajlott le az elnökválasztás. Ellenjelölt nem lévén *Bedritsky* orosz igazgatót felkiáltással választották meg elnöknek. Az első és a második alelnöki posztra is csak egy-egy jelölt volt, így az elnök csak bejelentette, hogy *Ali Mohhamad Noorian* iráni igazgató első elnökhelyettes, míg *Tyrone W. Sutherland* igazgató (Brit Karibi Területek) második elnökhelyettes lett. A harmadik elnökhelyettesi posztért ketten indultak, *Azzeddine Diouri* (Marokko) és *Miguel Angel Rabiolo* (Argentína). A leadott 143 szavazatból 141 volt érvényes. *Rabiolo* 73 szavazattal lett a WMO harmadik elnökhelyettese. A főtitkárválasztáshoz hasonlóan nagy izgalommal készült a Kongresszus a Végrehajtó Tanács, az EC tagjainak megválasztására. Az RA I (Afrika) és az RA VI esetében volt csak túljelölés, így a szavazásnak csak ebben a két régióban volt jelentősége. Az RA VI-ban végül is minden nagy ország bekerült az EC-be, de a több jelentkező ellenére vagy talán épp emiatt a közép-európai zónát nem képviseli senki.

A Kongresszus 47 határozatot fogadott el. Mivel az esetek döntő többségében nagy eltérés nem volt a résztvevők között, a Titkárságnak sem kellett túl sok anyagot újra írni, így az ülészakot az eredetileg tervezett időnél fél nappal előbb be lehetett rekeszteni. A következő ülésre 2007 május 7 és 25 között kerül sor Genfben.

A Kongresszus tartozéka még a tudományos előadás. Ezúttal az előadók Abu-Zeid és Shiklamanov voltak, akik a „Víz erőforrások, mint a 21. század kihívása” címmel tartottak előadást. A Végrehajtó Tanács felkérésére még két előadás hangzott el, Thorpe (Egyesült Királyság): THORPEX: A Global Atmospheric Research Programme – improving the skill of high-impact weather forecast és Dahe (Kína): Environment Change and its impacts in Western China.

Az ülések monotonitását minden kétséget kizáróan oldották, a küldöttek emésztő rendszerét viszont hatá-

rozottan megterhelték a kapcsolódó társasági események, amik kivétel nélkül fogadások voltak. Az első este a Főtitkár, Obasi professzor, a második este a WMO elnöke, Zillmann, adott fogadást. Ezt követően nemcsak este, hanem délből is sűrűn követték egymást a meghívások, amelyeknek részben nem is titkolt célja az elkövetkező választásokra való kampányolás volt. Időrendi sorrendben: a svájci szolgálat és Genf város fogadása, hajózás az északi (dán, finn, izlandi, norvég, svéd) országok vendégeként, amerikai követség állófogadás, francia parti délből, szaudi arab követség fogadása, a DWD és Met Office közös fogadás, spanyol fogadás, parti az orosz követségen, indiai fogadás a konferencia központban. Ezen kívül csak a küldöttségvezetőket hívta meg a kenyai és a japán követség ebédre, illetve a nigériai igazgató vacsorára. A magyar misszió Mersich Iván, az OMSZ elnöke nevében vacsorára hívta meg a szomszédos,

illetve meteorológiában szorosabban együttműködő országok (Ausztria, Csehország, Horvátország, Lengyelország, Németország, Olaszország, Románia, Szerbia és Montenegró, Szlovákia, Szlovénia, Ukrajna) képviselőit, valamint a WMO újonnan kijelölt főtitkárát is. Ukrajna kivételével mindenki megjelent a jó hangulatú, baráti vacsorán, ahol kötetlen formában, de szó esett a WMO előtt álló feladatokról és természetesen az új főtitkár elképzeléseiről is.

Teljes mértékben kicserélődött a WMO vezérkara. Még egy félév, s az új Főtitkár hivatalba lép. Egy hosszú korszak zárult le, amelynek során a Világszervezet a sok-sok programja ellenére mintha veszített volna nemzetközi súlyából. Minden meteorológus érdeke, hogy a nemzetközi meteorológiai együttműködés hatékonyabb legyen. Reméljük, hogy az új vezetés, s az új Főtitkár ebbe az irányba vezetik a következő négy évben a Világszervezetet.

Dunkel Zoltán

A város határában

► A 16. oldal folytatása

Az egyik ilyen hullósáv fölkelte a figyelmemet: érdekes részleteket mutatott (1. ábra). A felhőt közvetlenül elhagyó virga a felhő mozgásával egyező irányban hajlott, mert a felhő alatt a levegő nagyobb sebességgel áramlott, mint maga a felhő. Lennebb függőleges elhelyezkedésű, de kusza és hullámos virga következett, mivel ama levegőréteg turbulens lehetett. Ezt meg lennebb ugyancsak függőleges, de sima

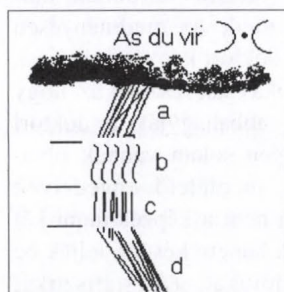
virga követte, mert itt nem volt számottevő turbulencia. A földfelszínre elérő virga a felhő mozgásával ellentétes irányban hajlott, mivel a talajmenti szél lényegesen gyengébb volt a felhő mozgási sebességénél.

Egy igen különös tűnemény következik, amihez még csak hasonlót sem láttam azóta. 1979 november 26-án este nyugati irányban a talajhoz közel jó arasznyi széles (>20 fok) és valamivel kisebb vastagságú területen világosszürke, a háttérhez képest csak valamivel sötétebb, sűrű párából (nem ködből!) álló alakzat látszott napnyugta után (2. ábra). A százszázalékos relatív nedvességtartalom mellett -2 Celsius fokot mértem a helyszínen, 1 km volt a vízszintes látástávolság. A párafal vízszintes helyzetű, egymással pár-

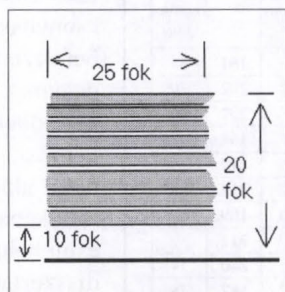
huzamos, 2 foknyi vastagságú sávokból állt össze, s a sávokat keskeny rés választotta el egymástól. Szélcsend volt, az alkony és a párásozás erősödésével a tűnemény lassan eltűnt. A rolószertű jelenségre talán talál magyarázatot a kedves olvasó.

1 km-es látástávolság, -11 Celsius fok és szélcsend volt 1980 január 11-én éjfél előtt. Az égboltot vékony Cirrostratus nebulosus fedte. A magasból az egész határt átölelő ködlepel ereszkedett igen lassan. A ködtakaró alsó határfelülete hőmpölygött, hullámzott. A ködnek egy villanyoszlop tetejétől a talajra jutásáig 15 perc telt el. A sugárzási köd egy lassan mozgó, köztes anticiklonban keletkezett, ám nem a talaj mentén, amely erősen átfagyott, hanem a fölötte levő légrétegben, ahol a fajlagos nedvesség magasabb volt, mint a felszínen.

Kósa-Kiss Attila
Nagyszalonta



1. ábra.



2. ábra.

álló alakzat látszott napnyugta után (2. ábra). A százszázalékos relatív nedvességtartalom mellett -2 Celsius fokot mértem a helyszínen, 1 km volt a vízszintes látástávolság. A párafal vízszintes helyzetű, egymással pár-

Tíz éves az új rendszerű doktori képzés

Az 1993-ban elfogadott Felsőoktatási törvény (pontos megfogalmazásban: *A felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény*) sok szempontból jelentett újdonságot a magyar felsőoktatás számára. Többek között deklarálta a felsőoktatási intézmények autonómiáját, bevezette a szervezett doktori képzés intézményét, és meghatározta a kandidátusi fokozat helyébe lépő egyetemi doktori (angol rövidítéssel PhD, azaz Doctor of Philosophy) fokozat megszerzésének feltételeit. Az alábbiakban összefoglaljuk az új rendszerű doktori képzés és minősítés legjellemzőbb adatait az ELTE Természettudományi Karának nyilvántartása alapján.

A 10 év során a TTK öt nagy szakterületére (biológia, fizika, földtudomány, kémia és matematika/informatika) összesen közel kétezer doktorjelöltet vettek fel (1. táblázat). Közülük 662-en kaptak állami ösztöndíjat, a többiek – többnyire egyetemi vagy kutatóintézeti – munkájuk mellett vettek részt a doktori képzés előadásain. Az adatok szerint a biológia szakterület volt a legnépszerűbb, azaz itt képezték a legtöbb doktoranduszt. A meteorológiát is magában foglaló földtudományi szakterületre a doktoranduszok közel 17 %-a ju-

tott. A meteorológusok száma a földtudományon belül 8-9 %.

Az egyetemi és a kari doktori szabályzatok értelmében a doktoranduszok a doktori iskola által meghirdetett előadásokat látogatják, és a hároméves képzés szemesztereinek végén vizsgákat tesznek. A szervezett képzés befejezését abszolutórium kiállításával igazolja az illetékes dékánhelyettes.

A törvény lehetőséget nyújt arra, hogy a szervezett képzés keretein kívül, egyéni felkészülés alapján is teljesítse valaki a doktori képzés követelményeit. Az egyéni doktori képzés során nem kell résztvenni az előadásokon, és a kötelező vizsgák letételét nem kell vizsgaidőszakhoz kötni.

A doktori képzés szervezett vagy egyéni formájának elvégzése után lehet jelentkezni a doktori minősítési eljárásra. A jelentkezésnek feltétele a nyelvismeret igazolása és megfelelő kutatómunka, azaz a szakirodalmi publikációs tevékenység igazolása. A minősítési eljárás során doktori szigorlatot kell tenni, be kell nyújtani a doktori értekezést, az új tudományos eredményeket tartalmazó, a disszertáció témájába eső legalább két publikáció különlenyomatát, majd a két független bíráló véleménye alapján ke-

rülhet sor a nyilvános vitára, azaz a disszertáció védésére.

Az új rendszerben eddig összesen 384 doktori minősítés fejeződött be sikeresen az ELTE TTK öt tudományágában (2. táblázat). A számadatok alapján bepillantást nyerhetünk a doktori képzés ered-

2. táblázat.

Az ELTE-n 2003. márciusáig kiadott TTK-s doktori (PhD) oklevelek száma (A) és azok aránya az első öt évben felvett doktoranduszok számához (B) (a honosított, ill. egyenértékűnek elismert oklevelek nélkül)

tudományág	A (db)	B (%)
biológia	130	42
fizika	79	64
földtudomány	45	31
ebből meteorológia	8	42
kémia	79	54
matematika/informatika	51	23
összesen	384	40

ményességébe is. A táblázat B oszlopában a kiadott oklevelek számát az első öt évre felvett doktoranduszok számához viszonyítottuk, feltételezve, hogy a képzés befejezése után két éven belül kerül sor a védésre. Az adatok azt mutatják, hogy a fizikusok és a vegyészek doktori képzése a legeredményesebb, azaz ezeken a szakterületeken fejezi be relatíve a legtöbb doktorandusz sikeresen a doktori képzést, és szerez a minősítés végén oklevelet. A földtudományi szakterület ugyan a második legkevesébé sikeres ebből a szempontból, de ezen belül a meteorológusok a kari átlag fölött teljesítettek. Első látásra feltűnően alacsonynak tűnik az eredményesen befejezett doktori képzések aránya, de ennek oka csak részben az, hogy a jelöltek abbahagyják a doktori képzést. Igen sokan vannak olyanok, akik megfelelő engedélyek birtokában nem a képzés utáni két éven belül, hanem később adják be disszertációjukat. (A statisztikát emellett torzíja, hogy nem szere-

1. táblázat. A szervezett doktori képzésre felvett hallgatók száma tudományáganként az ELTE TTK-n az első 10 évben

év	biológia		fizika		földtudomány				kémia		matematika/informatika		összesen	
	felvett	ebből ösztöndíjas	felvett	ebből ösztöndíjas	felvett	ebből ösztöndíjas	ebből meteorológia		felvett	ebből ösztöndíjas	felvett	ebből ösztöndíjas	felvett	ebből ösztöndíjas
							felvett	ebből ösztöndíjas						
1993	52	29	18	6	17	5	3	1	25	8	39	17	151	65
1994	62	17	33	15	34	12	6	1	28	15	45	11	202	70
1995	76	16	23	10	27	10	3	1	31	11	50	13	207	60
1996	50	19	24	11	26	12	3	1	31	10	37	15	168	67
1997	71	23	25	11	39	14	4	1	31	12	51	16	217	76
1998	74	23	25	7	36	12	2	1	31	9	48	17	214	68
1999	70	24	28	8	31	10	1	1	23	10	37	10	189	62
2000	68	19	34	13	41	10	2	1	25	7	44	10	212	59
2001	74	17	34	10	49	12	1	1	30	8	53	12	240	59
2002	53	23	28	12	32	12	3	1	39	12	35	17	187	76
össz.	650	210	272	103	332	109	28	10	294	102	439	138	1987	662

pelnek a doktoranduszok között az egyéni felkészülők adatai, holott a doktori oklevelek számában már azok is benne vannak, de ez a hiba 5 %-nál kisebb.)

Az előbbi adatok persze csak egy pillanatfelvétel erejéig villantották fel a doktori képzés állapotát. A doktori iskola titkárságán kérelmek tucatjai várnak elbírálásra. A meteorológusok közül például eddig 19-en szereztek abszolutóriumot a szervezett képzés elvégzése után, közülük 16-an jelentkeztek minősítési eljárásra, ebből 14-en már a doktori szigorlatot is letették, és 8-an vannak túl a védésen is.

Felvetődhet a kérdés: sok-e a meteorológus doktorjelölték száma, vagy kevés. Az Magyar Tudományos Akadémia almanachjainak (Antal, 1980; Gerencsér, 1992) adatai szerint az 1990-es években 14, 1980 és '89 között szintén 14, 1970 és '79 között 8, míg 1960 és '69 között 11 meteorológus szerzett tudományos fokozatot, azaz lett a tudomány kandidátusa a meteorológia területén. A minősítések száma ezek szerint a korábbi évtizedek átlagának felel meg.

A fenti adatokkal a tudományos minősítés jelenlegi helyzetét szeretnénk volna bemutatni. A részletesebb vizsgálatok alapján sokféle tanulság

fogalmazható meg a doktori képzés sikerét illetően, és minden bizonynyal meg lehet fogalmazni olyan jellegű tanulságokat is, mint amelyeket Béll Béla akadémikus az előző minősítési rendszerrel kapcsolatban megfogalmazott (Béll, 1985), de ezek a vizsgálatok túlmutatnak összeállításunk határain.

Köszönetnyilvánítás. Az adatok összegyűjtésekor és a táblázatok összeállításakor az ELTE TTK Tudományszervezési és Egyetemközi Kapcsolatok Osztályának munkatársai voltak segítségemre. A szervezett doktori képzés adataiért Boros Erikának, a doktori minősítés statisztikáiért Harkainé Fekete Hajnalkának tartozom köszönettel.

Dr. Gyuró György

Hivatkozások

Antal J. (szerkesztő), 1980: **A Magyar Tudományos Akadémia Almanachja.** Akadémiai Kiadó, Budapest

Béll B., 1985: **A tudományos minősítési rendszer reformja meteorológusszemmel.** Időjárás, 89, 107-113.

Gerencsér E. (szerkesztő), 1992: **A Magyar Tudományos Akadémia Almanachja, 1991.** Akadémiai Kiadó, Budapest

*

Major György akadémikus a fenti ismertetéshez csatlakozva rendelkezésünkre bocsátotta egy koráb-

ban keletkezett, de nyomtatásban meg nem jelent felmérésének táblázatos eredményeit a meteorológia területén 1953 és 1993 között valamilyen tudományos fokozattal rendelkezők számáról. E kiegészítés történelmileg még teljesebbé teszi a tudományos minősítések számának időbeli alakulását.

(A szerk.)

A meteorológia területén tudományos minősítéssel bírók számának időbeli alakulása (aktívak és nyugdíjasok együtt)

Év:	1953	1960	1970	1980	1990	1993
Kandidátus	10	25	37	(42)	32	37
Doktor	–	–	6	6	6	8
Akadémikus	–	–	–	2	2	2
Összesen:	10	25	43	(50)	40	47

Megjegyzések:

- 1) 1953-ban 10 fő kapott kandidátusi fokozatot a korábbi munkássága alapján.
- 2) Az 1980-ra vonatkozó szám azért bizonytalan, mert nincs információnk arról, hogy kik hunytak el 1980 előtt. Az 1980–90 közötti 10 évben az elhalálozások száma jóval meghaladta az új minősítettek számát.

OLVASTUK...

Forró foltok – élethelyek?

A *Mars Odyssey* infravörös kamerája a környezetünknel nappal és éjszaka is melegebb foltokat talált a *Hellas medencében*. Ezek a vártnál 20-40 fokkal voltak melegebb területek, amelyek láncszerűen sorakoznak egymás mellett. Egyes, a marsi élet lehetőségét vizsgáló kutatók szerint olyan geotermikus foltokat kell keresni a Marson, amelyek víz-jég közelében vannak. Itt ugyanis sok tényező van egyszerre jelen, ami az élethez szükséges: találmunk vízzé olvadt jeget, energiaforrásként vulkáni hőt, különböző vegyülete-

ket szállító vulkáni gázokat és folyadékokat. A felszíni ultraibolya sugárzás elől véd a jégreteg, az alacsony nyomást pedig néhol kompenzálhatja a vulkáni gázkibocsátás, ami a folyékony víz megjelenéséhez megfelelő légnyomást alakít ki a felszín alatt. Ha pedig átmenetileg csökken a belső aktivitás, az élőlények megfagynak és jégbe ágyazva várják meg a következő meleg időszakot. A vulkáni fűtésű „jégbarlangokban” lévő életközösségeket a Földön például az Antarktiszról ismerünk, ahol a forró gőzt kibocsátó ún. fumerolák fölött kürtöserű üregek keletkeznek a jégben. Mindezek

a mélytengeri fekete füstölők szárazföldi analógiáinak is tekinthetők az élethelehetőségek szempontjából. A *Hellas medencében* talált képződményeknél is elképzelhető a jégkürtő szerkezet. Minderre egyelőre nincs bizonyíték, csak annyit sikerült megállapítani, hogy forró területek, amelyek albedójukban is eltérnek környezetüktől, ez utóbbit a magas jégtartalom is magyarázhatja.

Úrkaleidoszkóp
XVII. évf. 9. szám
Meteor-Kru

H. Bóna Márta

OLVASTUK

A 2003 májusában elhunyt Zách Alfréd ny. igazgatónk hagyatékából előkerült egy 1916-ban kiadott népszerűsítő füzet „Az esőről” címmel. A kiadvány szerzője Hegyfok Kabos (1847-1919), aki katolikus papként közel négy évtizeden át volt a Meteorológiai Intézet külső munkatársa; 28 évig vezette Túrkevén a klímaállomást és – mint a Természettudományi Társulat tagja – foglalkozott az észlelt adatok feldolgozásával, sőt értelmezésével is. Írásában érdekes összeállítást találunk hazánk időjárásának szélsőségeiről a XIX. században; amelyekből – az Európát 2003-ban sújtó aszály tükrében felettebb tanulságos – néhány részletet adunk közre:

Az eső járása hosszú idő alatt

Az eső mérését nálunk már 1782-ben kezdték a budai kir. Várpalotában, de csak 10 évig folytatták. Azután 1833-ban Kolozsvárott és Gyulafehérváron, majd 1851-ben Nagyszebenben [folytatódottak a mérések]. 1860-ban már 31, 1880-ban 109, 1901-ben 1000 állomáson végezték a méréseket.

Ha azokra, az állomásainkon és másutt a külföldön feljegyzett adatokra támaszkodunk, meglehetősen képet rajzolhatunk az esőjárásról, melyet a Fertő-tó, a Duna és Tisza vízállása szépen kiegészít. Ezekből az adatokból kitűnik, hogy Európában és hazánkban 1841-1845 között nedves évek voltak, amelyekre 1855 után szárazabbak következtek, úgyhogy 1861-1865 között igen nagy lett a szárazság; majd növekedni kezdett az eső mennyisége és 1876-1880 körül elérte legnagyobb értékét. Újra szárazabb idő következett 1886-tól 1890-ig, majd bővebb eső 1900 körül.

Az esőjárásban tehát bizonyos ingadozás vehető észre; hosszabb idejű szárazság után esősebb esztendők jártak. Brückner Ede bécsi egyetemi tanár ezekből az ingadozásokból 35 éves időszakot állapított meg, mint átlagos értéket, mint az esőzéseknek bizonyos rendjét, amelytől azonban meglehetősen eltérések is mutatkoznak, úgy, hogy némelyik időszak 35 évnél rövidebb, némelyik pedig hosszabb időre terjed.

Hazánkban 50 év (1856-1905) alatt nagyon száraz volt az 1863-ik, az 1857-ik és az 1865-ik, nagyon nedves pedig az 1878-ik, az 1900-ik, az 1879-ik és 1895-ik esztendő. Az 1863-ik ínséges évet még most is emlegetjük; ha az idő hosszabban száraznak mutatkozik, gyakran hivatkozunk rá. Kiváltképpen nagyon szárazak voltak az április-október hónapok, főleg a Nagy- és Kis-Alföldön. A Tisza vízállása csak 53 cm magas volt a „0” pont felett, holott 1861-ben 324, 1864-ben pedig 279 cm-nyi volt az állása. Ebben az évben a Balaton is legalacsonyabban állott és a Fertő is közeledett kiszáradása felé, ami 1865. június havában bekövetkezett.

Az 1863-iki szárazság következtében a Nagy-Alföldön támadt ínségről az írta a kiküldött királyi biztos: „Szabolcs-megye alsó részén sem termés, sem fű,

sem kaszáló; a Hajdúságban a búza egy arasznyi, benne itt-ott egy szorult szem; Bihar-megye déli részében 42 községben ínség. A Nagykúnságban Karczag, Kúnhegyes, Madaras, Kisújszállás, Túrkeve, Kún-szentmárton 2.700.000 holdnyi határa sivatag; a határban az állatállomány megcsökkent 24.000 marhával, 8.000 lóval, 197.000 juhval és 13.000 sertéssel; ezek vagy éhen veszttek, vagy a nyáron potomáron elprédálták őket.” Arad, Temes, Bács, Torontál legnagyobb részében szintén ínség, úgy hogy az akkori királyi biztos 880.000 mérőnyi¹ vetőmagot javasolt a szegénység részére kiosztani.

Csanád megyéről a következőt írja: „Az emberek füvet, a sertések húst esznek, azok is, ezek is só nélkül; ami megehető zöldet talál a szegény nép, összeszedi és ételnek megfőzi; az elhullott lovak hulláin pedig a sertések lakmároznak és híznak. A zöldség ritka és méregdrága. Egy dinnye és egy ló egyárú; ez is, amaz is 25 garas. Kún László idejét értük el, mikor sokan taligára szorultak és azt is magok tolják. Maguk a gazdák is kalász-szedőkké lettek, a termést talicskán és lepedőben hordták haza.”

1863-ban nemcsak nálunk, hanem Angolország és némileg Franciaország és Belgium kivételével Európa egyéb vidékein is nagy szárazság uralkodott, főleg Portugáliában és Spanyolországban, ahol még kevesebb eső esett, mint nálunk. 1857, egész Európát tekintve, 50 éves időszakunk (1856-1916) alatt a legszárazabb esztendő. Németországban sokkal nagyobb volt a szárazság, mint nálunk és e tekintetben felülmúlta Európa valamennyi országát. 1865-ben nálunk volt legkevesebb eső, de Németország is alig kapott valamivel többet. Ellenben Portugáliában és Spanyolországban bő eső járt akkor. Mint 1863-ban a Nagy- és Kis-Alföld, úgy 1865-ben és 1857-ben az ország nyugati része szenvedett legtöbbet az aszálytól.

Valamint a száraz, úgy a nedves évek is nemcsak nálunk, hanem Európa más vidékein is többnyire ilyeneknek bizonyulnak, de kisebb területen, mint a szárazak. 1878-ban és 1879-ben Magyarországon, 1895-ben

¹Mérő, másként kőből: régi magyar űrmérték, száraz anyagok, pl. gabona mérésére szolgált. Nagysága vidékenként változott: a bécsi mérő 61,5 liter, a budai 93,7 liter, a leggyakrabban használt pozsonyi pedig 62,5 liter volt. Hivatalosan 1875-ig, de a gyakorlatban faluhelyen még a XX. század elején is használták

Portugáliában és Spanyolországban, 1900-ban pedig Olaszországban, Svájcban és Ausztriában volt nagyon sok eső. Magyarországon legtöbb eső esett 1878-ban, főleg északkeleti vidékén. A bőesőjű 1879-ik év északkeleten és délnyugaton köszöntött be igen sok esővel.

A nedves években sok árvíz is volt. Az 1878-ik évi október, november, december, valamint az 1879-ik évi január és február a rendesnél jóval nagyobb esőt és hőmennyiséget hozott. Az ennek következtében támadt árvíz pusztította el Szegedet 1879-ben március 11-ike és 12-ike közötti éjjelen. Szegeden a Tisza vízállása március 11-ikén 749, 12-ikén 759 cm-nyire állott a mérce zérus pontja felett. De mindez nem idézte volna elő a katasztrófát, ámde 11-ikén este viharos északi szél fújt és éjfél tájban irtózatossá erővel dühöngött, a felkorbácsolt hullámok átcaptak a gátakon és pillanat alatt bezúdult a sárga áradat a városba. Március 12-ikén reggeli 2 órakor beállott a rettenetes katasztrófa, mikor is 5458 ház dőlt össze és 154 embert pusztított el a gyilkos áradat.

Midőn a múlt század hatvanas éveiben [1860-as évek! – *a szerkesztő megjegyzése*] uralkodó aszály olyan nyomasztóan hatott társadalmunkra, hogy kivált az Alföldön sok helyütt a kétségbeesés könnyeit fakasztotta, megindult az eszmecsere, folyt a tanakodás afellett, mi lehet ennek az oka, miképpen lehetne a bajt elhárítani és megismétlését megakadályozni?

A folyók szabályozása, a mocsarak kiszárítása, az erdők irtása voltak azok a jelszavak, amelyek a vitaközlésben a vezérszerepet vitték. Nem kellett volna a folyók szabályozásával az ártéri területeket és mocsarakat kiszárítani, nem kellett volna az erdőket kíméletlenül pusztítani, – így hangzott az okoskodás – akkor a csapás

nem sújtotta volna hazánkat. Fákat tehát az Alföldre! és édenne válik az; fákat az utak mellé, a szántóföldek mesgyéire, a kopár hegyoldalakra! És megkötjük a nyargaló felhőket, kényszerítjük, hogy esőtartalmukat ne a Kárpátokon túl, hanem saját térségeinkre ürítsék ki áldásfárasztóan. Ez volt az ajánlott orvosság a baj gyógyítására. Ámde csakhamar kiderült ennek az okoskodásnak a helytelen volta. Sem a mocsarak kiszárítása, sem az erdők irtása nem volt a szárazság oka.

Elmúltak az aszályos évek, és 1875 után bő csapadék hullott ugyanazon térségekre, hol azelőtt a szárazság pusztított; a száraz időszakot esős váltotta fel, nemcsak nálunk, hanem Európa egyéb vidékein is. De nemcsak nálunk, másutt is az erdővel hozták kapcsolatba az aszályt. Ausztráliában is azt hitték a múlt század hatvanas éveiben [1860-as évek!], hogy az erdő pusztítása hozta rájuk a szárazságot és kiadták a jelszót: kíméld az erdőt! Mikor azonban a nyolcvanas években ott is szaporodott az eső mennyisége, már azt hangoztatták: irtsuk az erdőt!

Mikor az 1870-es évek végén sok árvíz öntötte el a lapályos vidéket, sőt a kutak vizei is a föld árja miatt kiöntöttek a tanyák körül, akkor jöttek a külföldi tudósok és újra a vízszabályozás helyes és helytelen volta felett indult meg a vitaközlés. Elemi csapások voltak, mióta történelmet írnak, sőt a Föld rétegei történelem előtti katasztrófákról is eleget beszélnek; és csapások lesznek, ameddig a világegyetem fenn fog állni.

Forrás: *Hegyfok* Kabos (1916): Az esőről; „Népiratkák” sorozat 313. szám, Szent István Társulat kiadása Budapesten; 17-24. o.

Közreadja: Mezősi Miklós

KISLEXIKON

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

albedó

(Fejezetek a városklimatológiából – 2. rész)

Az *albedó* a különféle rendszerek napsugárzás-reflexióját (visszaverését) jelenti. Ilyen rendszerek pl. növényállomány-talaj, légoszlop-felszín, vízfelszín és az alatta lévő tiszta vagy szennyezett víz. A globális albedó a teljes Föld-légkör rendszer napsugárzás-reflexióját jelenti, amely műholdak mérései alapján határozható meg.

hosszúhullámú sugárzás

(Fejezetek a városklimatológiából – 2. rész)

A *hosszúhullámú sugárzás* a földi sugárzás, azaz a Föld felszíne és a légkör által kibocsátott hőmérsékleti sugárzás, amelynek spektrumtartománya jó közelítéssel 4 és 80 mikrométer közé esik.

rövidhullámú sugárzás

(Fejezetek a városklimatológiából – 2. rész)

A *rövidhullámú sugárzás* a spektrumnak az a tartománya, amelyben a Nap által kibocsátott sugárzási energia döntő többsége a felszínre érkezik. A felszínen a napsugárzásnak több mint 99 %-a a 0,286–4,0 mikrométer tartományban található.

PM₁₀ (Particulate Matter)

(Szeged légszennyezettségének értékelése különböző módszerekkel)

A 10 mikrométer alatti aeroszol részecskék tömegkoncentrációja [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Összeállította:

Schirokné Kriston Ilona

OLVASTUK...

Jelentés az ózonlyukról

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) minden év augusztusa és decembere között jelentéseket ad közre az Antarktisz fölött kialakuló ózonlyuk állapotáról (hozzáférhető a WMO távközlési rendszerén keresztül, ill. a www.wmo.ch/web/arep/ozon.html web oldalon). A legfrissebb jelentés október 2-án látott napvilágot. Az alábbiakban ennek legfőbb megállapításait foglaljuk össze.

Meteorológiai helyzet. Az antarktiszi poláris örvény közel maximális kiterjedésű (34 millió km²), középpontja nagyjából a délsarki kontinens közepén helyezkedik el. A jellemző sztratoszférikus hőmérsékleti értékek szeptember közepétől -90°C-ról -88°C-ra emelkedtek, de elég alacsonyak ahhoz, hogy az örvény középső, kb. 25 millió km²-én poláris sztratoszférikus felhők alakuljanak ki.

Ózon mérések. Szeptember második felében gyors ózonlebonlás ment végbe a kontinens és környezete térségében elhelyezkedő mintegy tíz kutatóállomás mérései szerint, amit műholdas adatok is igazolnak. Valamennyi állomás 50-60%-os ózoncsökkenést jelentett az 1964-1976 közötti – ózonlyuk előtti – normálértékhez képest. Az ózonlyuk széle elérte a Dél-Amerika déli csücskén lévő Ushuaia város mérőállomását is. Ballonszondás ózonmérések több délsarki állomás fölött az alsó sztratoszférának 5 km vastag rétegében szinte teljes ózonhiányt mutattak.

Ózonlyuk. Az idei ózonlyuk területi kiterjedése nagyjából megegyezik a 2000. évi 28 millió km²-es rekord mérettel. Az elmúlt években az ózonlyuk kiterjedése szeptember második felében csökkenésbe kezdett. Ezzel szemben az idén egész szeptemberben 25-28 millió km² között ingadozott, és a csökkenés jelét még a hónap végén sem mutatta. Ugyancsak szokatlan az 50%-os ózonhiány hatalmas kiterjedése. 1994-ig ez a terület sohasem ért el 5 millió km²-t, és azóta is csak négyszer haladta meg a 10 millió km²-t (ez *akkora terület, mint Európa* – a szerk), az idén viszont 18 millió km²-t foglal el, ami az egész ózonlyuknak 2/3-át teszi ki. Noha nagyon nagy és tartós az ózonlyuk, az UV sugárzás intenzitása kicsiny, mert ilyenkor még nagyon alacsony a Nap állása az Antarktisz fölött. A jelentés kiemeli, hogy a mostani méret, mélység és tartósság az Antarktisz sztratoszférájában lezajló meteorológiai folyamatoknak tulajdonítható, nem pedig az ózonrétegben található ózonromboló kémiai vegyületek mennyiségi változásainak.

WMO Antarctic Ozone Bulletin No.4.
(2003. október 2.)

Cirrus, cumulus, stratus

A Weather (az Angol Meteorológiai Társaság lapja) idei februári számát szinte teljes egészében a felhőkkel kapcsolatos cikkeknek szentelte. Az indokot az adta, hogy *Luke Howard* angol kémikus és amatőr meteorológus 1802 decemberében, tehát 200 éve készített tanulmányt „A felhők módosulásai” címmel. Bár a címből nem derül ki, ebben olyan elnevezéseket javasol a különböző felhőtípusokra, amelyek azóta mindennapos használatban vannak világszerte.

Elsődlegesen leszögezi, hogy mindössze három egyszerű felhőfajta van: rostos, halomszerű (gomolyos), réteges. Minthogy ezek átalakulhatnak egyikből a másikba, vagy kombinálódhatnak, szükségesnek tartotta köztes és összetett típusokat is megkülönböztetni. Ilymódon hét típust alkotott, melyeknek *latin* nevet adott, csatlakozva a XVIII. század végén a különböző tudományokban egyre jobban elfogadott „nemzetközi” nyelvhez (kezdeményezője a svéd Linné volt, aki a növényrendszertanában a latin nyelvet vezette be). Ezek a típusok a következők:

„*Cirrus*: párhuzamos, meghajlott, vagy szétterülő rostok, melyek egy, vagy minden irányban kiterjednek;

Cumulus: konvex, vagy kúp alakú halmok, melyek horizontális alapjukból felfelé törnek;

Stratus: szélesen kiterjedt, összefüggő horizontális réteg, amely alulról növekszik;

Cirro-cumulus: kicsiny, jól körülhatárolt kerekded tömegek, szoros, vízszintes eloszlásban;

Cirro-stratus: horizontális, vagy gyengén dőlt felhőtömegek, amelyek a kerületük felé vékonyodnak, lefelé hajlanak ...;

Cumulo-stratus: cirro-stratus együttes megjelenése cumulus-szal ...;

Cumulo-cirro-stratus vagy *Nimbus*: vízszintes felhőréteg, amely fölött cirrus húzódik, míg a cumulus oldalról és alulról hatol bele.”

A cikkíró megállapítja, hogy Howard nagyon gondos megfigyelő volt, habár magyarázatai nem mindenütt korrektek. Így pl. egyaránt nimbus nevet visel nála a nimbostratus és cumulonimbus.

Luke Howard keveset értett a fizikához, ennek ellenére osztályozása felfedezés számba ment. Rendet csinált egy olyan tudományágban, amely még csak kialakulóban volt, minthogy addigra nagyon kevés kapcsolatot derítettek ki a megfigyelt időjárási elemek között. Akkoriban az észlelés még csak vidéki urak divatos tevékenysége volt.

Weather, February 2003 alapján közléstesi:
Ambrózy Pál

A meteorológia jövője Európában

Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) publikációs sorozatának első füzeteként megjelentette az EMS budapesti ülésén (2001. szept. 25-26) elhangzott előadások szövegét. A kiadvány 5 euro áron megrendelhető az EMS titkárságán (ems_sec@met.fu-berlin.de).

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

25 éves Magyar Meteorológiai Társaság Debreceni Csoportja

Az MMT Debreceni Csoportja éppen 25 évvel ezelőtt, 1978 októberében alakult meg az akkori Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Az MMT általános célkitűzésein túl azt vállaltuk, hogy a meteorológiával elméleti vagy gyakorlati szempontból foglalkozók és a tudományunk iránt érdeklődők kapcsolatát szakmai programokkal szorosabbra fűzzük a Tiszántúlon. Az alakuló ülésen, amelyet *Béll Béla*, az MMT akkori elnöke vezetett, kb. 30-an voltunk jelen. A csoport elnökének *Justyák Jánost*, titkárának pedig *Mikó Sándort* választottuk meg.

Az elmúlt 25 év alatt a Csoport számos tudományos konferenciának volt önálló vagy társrendezője, és közel 40 előadóülést tartott. Ez utóbbiak tételes felsorolása nagyon messzire vezetne, de megemlítiük, hogy az előadók között neves hazai szakemberek mellett külföldiek is voltak Lengyelországból, Csehországból, Hollandiából, Kínából.

A tudományos konferenciák rendezése a Csoport kiemelkedő tevékenységei közé tartozott, ezért ezeket az alábbiakban felsoroljuk:

- A matematikai statisztika és számítógépes módszerei a meteorológiában. (közös rendezvény az OMSZ-szal és a KLTE Meteorológiai Tanszékével, Sífőkút, 1987. szeptember 17-19.)
- Tudományos emlékülés Hegyfok Kabos klimatológus születésének 145. évfordulója alkalmából (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével és Túrkeve város önkormányzatával, Debrecen, Túrkeve, 1992. június 8-9.)
- Éghajlati idősorok matematikai-statisztikai jellemzésének módszerű problémái (az MMT XXVII. Vándorgyűlése, Debrecen, 1993. augusztus 26-27.)
- Erdő és klíma konferencia (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével, és az Országos Erdészeti Egyesülettel, Noszvaj, 1994. június 1-3.)
- Tudományos emlékülés Berényi Dénes professzor születésének 95. évfordulója tiszteletére. (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével és az MTA Debreceni Területi Bizottságának Meteorológiai Munkabizottságával, Debrecen, 1995. szeptember 6-7.)
- A meteorológus PhD hallgatók első országos konferenciája. (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével és az MTA DTB Meteorológiai Munkabizottságával, Debrecen, 1996. november 26-27.)
- II. Erdő és klíma konferencia (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével, a Soproni

Egyetem Termőhelyismerettani Tanszékével, az Országos Erdészeti Egyesülettel és az MTA DTB Meteorológiai Munkabizottságával, Sopron, 1997. június 4-6.)

- III. Erdő és klíma konferencia (közös rendezvény a KLTE Meteorológiai Tanszékével, az Állami Erdészeti Szolgálat Debreceni Igazgatóságával és az MTA DTB Meteorológiai Munkabizottságával, Debrecen, 2000. június 7-9.)

A Csoport tagjai tevékenyen részt vettek a

- Dr. sen. Berényi Dénes születésének centenárius jubileumi tudományos ülése c. rendezvény (Debreceni Egyetem, MTA Agrártudományok Osztálya, MTA Földtudományok Osztálya, OMSZ, MMT) szervezésében, előkészítésében és lebonyolításában is.

A fenti tudományos konferenciák mindegyikén elhangzott előadások egy-egy kötetben jelentek meg.

A Csoport tagjai az MMT Agrometeorológiai, valamint Nap- és Széleenergia Szakosztályában is kifejtették tevékenységüket. Kiemelendő az utóbbi szakosztály és az Ybl Miklós Műszaki Főiskola Épületgépész Tanszéke által közösen szervezett *A napenergia épületgépészeti alkalmazása* c. rendezvény (1994. november). Ezen három szakmai előadás hangzott el, valamint bemutatásra került egy, a megvalósult alkalmazásokat illusztráló videofilm.

A Debreceni Csoport tagjai a következő elismerésekben részesültek:

MMT díjak:

- Steiner Lajos Emlékrem: Szász Gábor (1978), Justyák János (1978), Tar Károly (1996)
- Róna Zsigmond Alapítvány: Tar Károly (1986), Lakatos László (1996)
- Hille Alfréd Ifjúsági Díj: Csordás László (1988), Simon Mariann (1991), mindketten a KLTE hallgatói
- Berényi Dénes Emlékdíj: Justyák János (1991), Szász Gábor (1992)
- Szakirodalmi Nívódíj: Szász Gábor (1988, az Agrometeorológia c. könyvéért), Tar Károly (1993, a Magyarország szélklímájának komplex statisztikai elemzése c. OMSZ kiadványért), Szász Gábor (1998, a Tőkei Lászlóval szerkesztett Meteorológia mezőgazdákknak, kertészeknek, erdészeknek c. könyvért), Justyák János (1998, a kontinensek éghajlatát leíró jegyzetsorozatért).

MTESZ Díj:

- Szász Gábor, 1986.

KöM Díjak:

- Schenzl Guidó Díj: Szász Gábor (1997), Justyák János (1999)
- Pro Meteorologia: Tar Károly (1999)

Külföldi elismerés:

- Szlovák Hidrometeorológiai Emlékérem: Justyák János (1982)

Csoportunk kezdeményezésére 1991-ben az MMT, a KLTE Meteorológiai Tanszéke és a Debreceni Agrártudományi Egyetem Agrometeorológiai és Agrofizikai Tanszéke megalapította a *Berényi Dénes Emlékdíjat*. Ezt a díjat az alapítók képviselőiből álló bizottság évenként ítéli oda az agrometeorológiai kutatásban jelentős eredményeket elérő kutatónak, vagy az agrometeorológia oktatásában színvonalas, lelkiismeretes munkát végző egyetemi oktatónak, vagy egyetemi, főiskolai hallgatónak nívós agrometeorológiai témájú OTDK dolgozatáért.

Tagjaink a következő MMT testületekben fejtették, fejtik ki tevékenységüket: Választmány (Szász Gábor,

Justyák János, Tar Károly), Tudományos Tanács (Szász Gábor, Justyák János), a Hille Alfréd Díjat odaítélő bizottság (Tar Károly), Nívódíj Bizottság (Justyák János, Tar Károly), Ellenőrző Bizottság (Tar Károly) Berényi Díjat odaítélő bizottság (Szász Gábor, Justyák János).

A Csoport *elnökei* Justyák János, 1978-1991, Tar Károly, 1992-től, a Csoport *titkárai* pedig a következők voltak: Mikó Sándor 1978-1985, Tar Károly 1985-1991, Zilinyi Vilmos 1992-1996 és Lakatos László 1996-tól.

Az utóbbi években fokozatosan növekszik az érdeklődés a meteorológia, a klimatológia iránt a médiában, a mindennapi életben és örömdetesen a fiatalság, az egyetemi hallgatók között is. Ennek oka valószínűleg az a bizonytalanság, a mely az éghajlatváltozás problematikáját körülveszi. Azt gondolom, hogy a továbbiakban a Debreceni Csoport tevékenységét is erre kell koncentrálni, tudományos testületekkel és más társaságokkal való együttműködésben.

Dr. Tar Károly

Köszönet az 1 %-ért és elszámolás a 2001. évi SZJA-ból felajánlott 1 %-ról

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 2002. évi bevallásában Társaságunknak ajánlott adójának 1%-ából ez évben **366.940.- Ft**-ot utal át az APEH.

Ezúton fejezzük ki köszönetünket a támogatásért, és kérjük tagjainkat, hogy a 2003.évi jövedelemadójuk 1%-ának újbóli átutaltatásával segítsék Társaságunkat.

A kapott összeg felhasználásáról az érvényben lévő rendelkezések alapján a Légekör hasábjain adunk számot.

A 2001. 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 237.694.- Ft**-ot. Az alábbiakban beszámolunk róla, hogy mire is „költöttük” a befolyt adományt.

- A munkakörülmények javítása érdekében vettünk egy ablakklíma berendezést, amely szereléssel, szállítással együtt 150 ezer forintba került.
- A fennmaradó összeget alapműködésünkhöz (irodabérlet, posta, telefon) használtuk fel.

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 MMT Elnöksége

EMS Közgyűlés

Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) 5. Közgyűlése az ECAM (European Conference on Application of Meteorology) konferenciával párhuzamosan zajlott le Rómában 2003. szeptember 17-én. A Magyar Meteorológiai Társaságot e sorok írója képviselte.

Az EMS-nek immár 35 rendes és 18 közreműködő (pártoló) tagja van. Néhány ország több társasággal is képviselteti magát. A pénzügyi egyensúly fenntartása érdekében intenzív kampány folyik pártoló tagok (meteorológiai szolgálatok, nemzetközi szervezetek, cégek, stb.) megnyerésére. Ugyancsak aktív az EMS abban az irányban, hogy minél több nemzetközi konferencia rendezőjévé váljon, hasonlóan az Európai Geofizikai Társasághoz (EGS). A Nizzában 2004 őszén sorra kerülő ECAC (European Conference on Applied Meteorology) konferencián – mint házigazda – több száz résztvevőre számít.

A Közgyűlés „tisztületbeli past president” címmel tüntettek ki *René Morint*, az EMS első elnökét, aki az alapszabály értelmében 2002-ig töltötte be a vezetői posztot, de ezt a címet akkor is megtarthatja, amikor a következő elnök – *Werner Wehry* – mandátuma is lejár.

Az EMS jövőre is kiadja a mutatós, bár kicsit drága meteorológiai falinaptárt. A Közgyűlés az egyes munkabizottságok (akkreditációs, oktatási, média, publikációs, rendezvény, stb.) munkabizottságok beszámolóit megvitatta, majd jóváhagyta. Az összejevetel jegyzőkönyve az EMS honlapján fog megjelenni.

Dunkel Zoltán

2003 TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA

Március hónap folyamán a napi középhőmérsékletek többnyire a sokéves átlagérték alatt maradtak, csupán a hónap utolsó hete volt folyamatosan átlag feletti hőmérsékletű. A hónap leghidegebb periódusa 6-7-e között és 22-e környékén következett be, legmelegebb napja pedig 29-e volt. A hónap középhőmérséklete a keleti országrészben több mint egy fokkal hidegebb volt az átlagnál, északnyugaton pedig közel egy fokkal enyhébb. A Tiszántúlon és az északi hegyekben még 20-25 nap volt fagyos. A hónap eleji alacsony hőmérséklet nem tette lehetővé, hogy gyors olvadás következzen be, így elkerülhettük a belvizek nagyobb mértékű kialakulását.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 24,0 °C,

Bácsalmás (Bács-Kiskun m.), március 29.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: -12,5 °C,

Zabar (Nógrád m.), március 7.

A március havi csapadékösszeg országszerte a szokásos érték 15%-a körül alakult. A 10 mm-t csak Somogy és Baranya területén, valamint az északkeleti és keleti országhatárnál haladta meg. A sokévi átlaghoz viszonyítva 20-40 mm-rel esett kevesebb csapadék az ország területén. Március első napján Kékestetőn még 40 cm-es hóvastagságot mértek, de az Alföldet is 5-20 cm-es hó borította. A hónap elején még esett ugyan hó, de az a lassan csökkenő hőmennyiséget alig tudta egy-két helyen növelni. A hónap közepére lassan elolvadt a hó a földeken, kivéve Kékestetőt, ahol 30-án még 12 cm-t mértek (31-én pedig csak hófoltot észleltek).

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 17 mm,

Felsőberekci (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 0 mm,

Pátka (Fejér m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 11 mm, Vállus (Zala m.), március 14.

Április első fele – az első pár nap kivételével – az átlagosnál lényegesen hűvösebben alakult. A hónap leghidegebb periódusa 6-a és 8-a között következett be (április 8-án Budapesten a napi hőmérséklet 10 fokkal maradt el az aznap megszokottól). A hónap közepétől kezdve fokozatosan melegedett az idő, az április 24-ei kis visszaeséstől eltekintve a hőmérsékletek a sokéves átlagnál magasabban alakultak. A hónap legmelegebb napja országszerte az utolsó, 30-a volt. Utoljára (éjszakai) fagy az ország északi régióiban, április 22-én fordult elő.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 29,7 °C,

Szeged, április 30.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: -10,4 °C,

Zabar(Nógrád m.), április 9.

Az április havi csapadékösszeg az északnyugati határterület kivételével a szokásos érték 40 %-a körül alakult. A sokévi átlag alapján várható 45 mm-nyi havi csapadékösszeg helyett még a 20 mm-t is csak a nyugati határterületen, valamint az északkeleti és délkeleti országhatárnál haladta meg a lehullott eső.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 50 mm,

Kőszeg (Vas m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 1 mm,

Tiszaörs (Jász-Nagykun-Szolnok m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 27 mm, Sonkád (Szabolcs-Szatmár-Bereg m.), április 27.

Májusban a hőmérséklet országszerte 3-4 fokkal magasabb volt a megszokottnál. Magyarország északnyugati részén kevesebb mint 20, az ország többi részén azonban több mint 20 nap volt ún. „nyári nap”, amikor a maximumhőmérséklet meghaladta a 25 fokot. Az Alföld legnagyobb részén 10-12 hőségnap is előfordult (amikor a maximum a 30 fokot is túllépte). A hónap során kétszer esett az átlaghőmérséklet a normál érték alá: 15-16 és 21-22-én. Budapesten 2003 májusa volt a második legmelegebb, Debrecenben, Pécsen és Szegeden pedig a legmelegebb az 1901 óta rendelkezésre álló mérések szerint.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 34,2 °C,

Kecskemét, K-pusztá, május 7.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: -0,5 °C,

Iklódbördöce (Zala m.), május 16.

A hónap meglehetősen száraz volt, a megszokott csapadékmennyiségnek alig több mint fele hullott csupán le. Májusnak 8 napja volt országszerte teljesen csapadékmentes, de további 6 napon is csupán nyomokban fordult elő csapadék az ország területén. A hónap közepén, illetve végén gyakran fordultak elő záporok, zivatarok, változó területi eloszlásban, eltérő mennyiségű csapadékot okozva. Több helyről jelentettek jégesőt is, ami a veteményesekben károkat okozott.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 117 mm,

Lenti (Zala m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 9 mm,

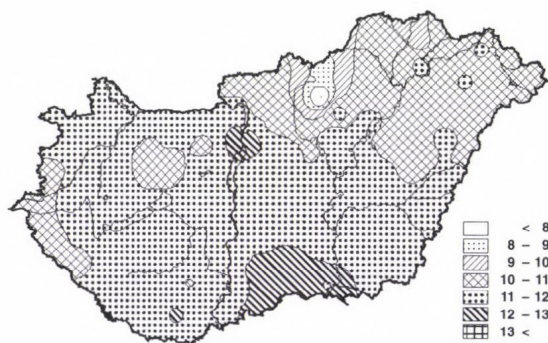
Ötvöskőnyi (Somogy m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 110 mm, Lenti (Zala m.), május 26.

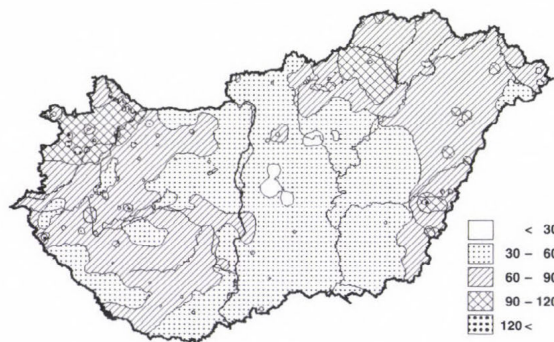
**Schirokné Kriston Ilona,
Schlanger Vera**

2003. tavasz

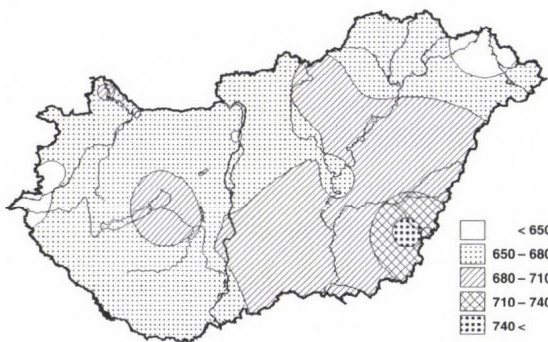
Állomások	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél viharos napok
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz.	az átlag%-ában	1mm->napok sz.	
Szombathely	647	108	10,9	1,5	30,9	2003.05.06	-8,0	2003.03.23	81	55	18	11
Nagykanizsa	670	136	10,8	0,7	31,8	2003.05.08	-10,2	2003.03.23	52	30	12	7
Győr	680	122	11,6	1,2	32,0	2003.05.06	-8,4	2003.03.22	110	90	12	10
Siófok	696	111	11,7	0,9	29,8	2003.05.07	-5,5	2003.03.07	59	44	9	20
Pécs	668	98	12,2	1,6	32,3	2003.05.09	-6,1	2003.03.22	47	30	9	11
Budapest	664	114	12,1	1,3	32,7	2003.05.07	-6,8	2003.03.23	59	49	11	10
Miskolc	678	149	10,9	0,9	31,4	2003.05.08	-6,8	2003.03.22	103	76	14	8
Kékestető	685	146	6,6	1,5	25,6	2003.05.08	-11,9	2003.03.22	79	37	15	19
Szolnok	675	100	11,7	0,9	33,1	2003.05.07	-8,0	2003.03.01	45	36	9	–
Szeged	680	124	11,6	0,6	33,3	2003.05.08	-8,9	2003.03.07	48	40	10	10
Nyíregyháza	660	104	11,1	0,7	32,7	2003.05.08	-6,2	2003.03.22	60	50	10	12
Debrecen	691	115	11,1	0,6	31,6	2003.05.07	-7,7	2003.03.08	88	65	15	6
Békéscsaba	748	108	11,5	0,7	32,3	2003.05.08	-8,0	2003.03.07	60	44	10	–



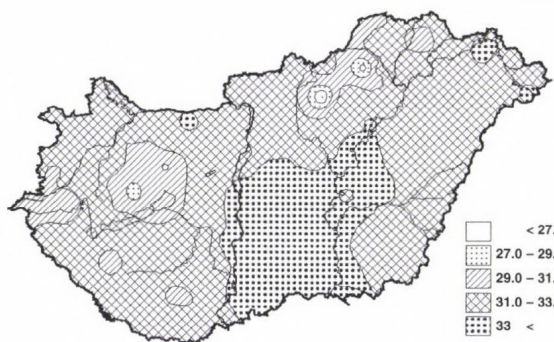
1. ábra: A tavasz középhőmérséklete °C-ban



2. ábra: A tavasz csapadékösszege mm-ben



3. ábra: A tavasz napfénytartama órákban



4. ábra: A május havi abszolút hőmérsékleti maximumok

2003 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

Júniusban a napi középhőmérséklet minden napon átlag feletti volt országsszerte, a hőmérséklet havi átlaga pedig 3-5 fokkal volt magasabb a megszokottnál. Nyári nap volt (amikor a napi maximumhőmérséklet meghaladja a 25°C-ot) az ország déli területein a hónap mind a 30 napja, de a síkvidékeken is a hónap több mint 2/3-a. Az ország legmagasabb pontjait kivéve Magyarország egész területén 9-18 nap volt hőségnap, amikor a napi maximumhőmérséklet a 30°C-ot is meghaladta. Forró nap (35°C-osnál is magasabb maximumhőmérsékletű nap) országsszerte 1-2 fordult elő június folyamán, Kécskeméten, K-pusztán pedig 5 forró napot regisztráltak.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 36,9 °C,

Keszthely, június 24.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: 3,2 °C,

Zabar (Nógrád m.), június 22.

Magyarországon a legtöbb csapadékra általában május, illetve június hónapokban lehet számítani, idén júniusban azonban a sokévi átlagnak csak mintegy 33%-a hullott le. A szeszélyes területi eloszlásban naponta előforduló kisebb-nagyobb helyi záporok és zivatarok országos szinten nem enyhítették a csapadékhiányt. Júniusban országos átlagban 26 mm eső esett.

A napfénytartam havi összege a felhősebb délnyugati területek kivételével 300-350 óra között volt. Ez 40-100 órával haladja meg a szokásos értéket.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 129 mm,

Szentgotthárd (Vas m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 1 mm,

Bikács (Tolna m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 61 mm, Szentgotthárd, június 11.

Július első felében a napi középhőmérsékletek az átlagnak megfelelő értékre csökkentek a június végi hőség után. 14-től kezdve azonban egy kéthetes, az átlagot 4-6 fokkal meghaladó hőmérsékletű periódus következett, így a teljes július a sokévi átlagnál 1,8 fokkal adódott melegebbnek az országban. 8-16 nap volt hőségnap, sőt forró nap is előfordult délen és nyugaton 1-2 alkalommal.

A legmagasabb nappali hőmérséklet: 36,5 °C,

Kécskemét, július 22.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet: 4,8 °C,

Zabar (Nógrád m.), július 14.

A július havi országos csapadékmennyiség 10 mm-rel meghaladta a sokévi átlagot. Csupán Békés megyében hullott 50 mm-nél kevesebb eső. Hevesben, Borsodban és a Hajdúságban 100 mm fölött volt a havi csapadék-összeg. Egyetlen olyan nap volt, hogy az országban sehhol sem esett. A hónap első felében a csapadék össze-

ge még nem érte el a szokásos mennyiséget, de 17-étől frontot front követett, bőséges csapadék kíséretében.

A napfénytartam 240-300 órányi havi összege a sokévi átlagnál az Alföldön 20-40 órával kevesebb, a Dunántúlon pedig 10-20 órával több volt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 290 mm,

Recsk (Heves m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 11 mm,

Csabacsúd (Békés m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 177 mm, Kompolt (Heves m.), július 29.

Az **augusztus** az ország keleti felében 3-4 fokkal, a nyugati felében pedig 4-5 fokkal volt melegebb a szokásosnál. Egyetlen nap (augusztus 31-e) kivételével a hónap minden napján felülmúlták a napi középhőmérsékletek a sokévi átlagokat. Csupán az ország északkeleti csücskétől a Mátraig terjedő térségben, valamint a Bakonyban nem fordult elő forró nap a hónap során. Másutt 4-6 ilyen napot is feljegyeztek. A 30°C fölötti maximumhőmérsékletű napok száma többnyire 20 fölött volt.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 39,4 °C,

Budapest, Pestszentlőrinc, augusztus 14.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 4,7 °C,

Zabar (Nógrád m.), augusztus 12.

Az augusztusi időjárást többnyire magasnyomású képződmények (anticiklonok) alakították. A csendes, napsütéses időt csupán helyi zivatarok zavarták meg, ezek azonban nem eredményeznek jelentős mennyiségű területi csapadékot. Frontális csapadék augusztus első napjaiban, a hónap közepén (14-15-én) és a hónap utolsó három napján fordult elő. A havi országos csapadékmennyiség jóval a sokévi átlag (63 mm) alatt maradt. A Duna vonalától keletre a szokásos havi csapadékmennyiség fele sem hullott le. Az Alföldön a havi csapadék-összeg a 20 mm-t sem érte el. Az augusztusi csapadék-összeg 30 évi átlagának megfelelő mennyiségű eső csak 1-2 helyen fordult elő.

A napfénytartam augusztus havi összege 270-360 óra között változott. Ez azt jelenti, hogy az ország déli felében 40-50 órával, az északi területén pedig 70-90 órával több ideig sütött a Nap.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 128 mm,

Tapolca (Veszprém m.)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 5 mm,

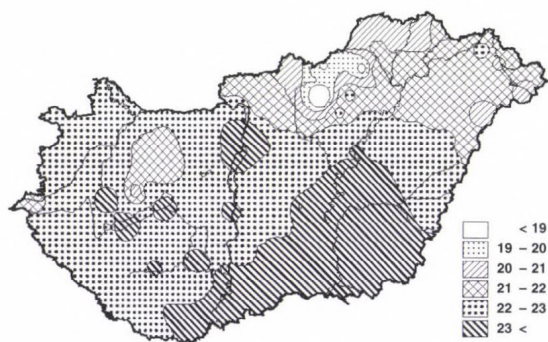
Szamosbecs (Szamos-Szatmár-Bereg m.)

A hónap során 24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 75 mm, Tapolca (Veszprém m.), augusztus 1.

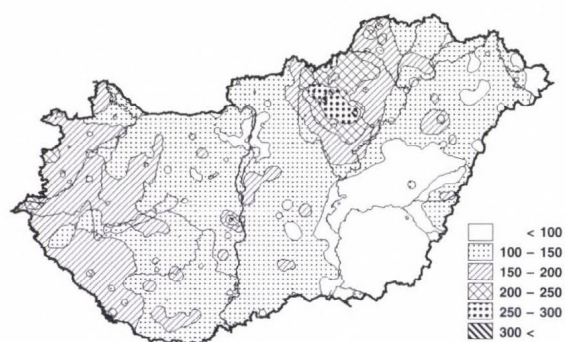
**Schirokné Kriston Ilona,
Schlanger Vera**

2003. nyár

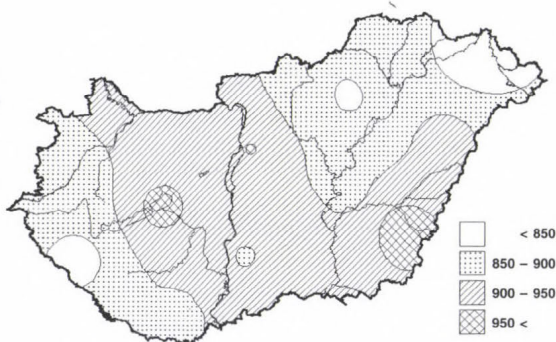
Állomások	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél viharos napok
	évsz.össz	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz	az átlag%-ában	1mm<napok sz.	
Szombathely	851	133	22,3	3,9	37,2	2003.08.13	9,7	2003.06.22	179	79	24	11
Nagykanizsa	828	78	22,1	3,2	37,7	2003.08.14	7,7	2003.07.14	199	82	23	6
Győr	911	141	22,6	3,2	37,5	2003.08.13	9,8	2003.07.14	125	69	15	5
Siófok	973	176	24,0	3,8	34,5	2003.08.29	13,3	2003.06.22	112	59	15	19
Pécs	894	74	23,5	3,7	36,0	2003.08.14	11,9	2003.07.14	177	85	21	8
Budapest	955	178	23,6	3,6	39,4	2003.08.14	12,1	2003.07.14	98	59	12	3
Miskolc	874	159	21,7	2,6	35,0	2003.08.14	11,3	2003.06.22	158	76	20	10
Kékestető	871	120	16,9	2,8	27,7	2003.08.14	7,6	2003.07.13	332	125	24	6
Szolnok	869	66	23,5	3,3	37,3	2003.08.14	11,8	2003.06.17	74	43	14	–
Szeged	916	108	23,3	3,3	37,2	2003.08.14	8,5	2003.06.22	88	49	12	12
Nyíregyháza	850	87	21,7	2,4	34,1	2003.08.14	9,3	2003.06.17	115	97	17	10
Debrecen	915	121	22,1	2,6	34,8	2003.08.29	7,5	2003.06.22	177	86	17	4
Békéscsaba	986	175	23,0	3,2	36,3	2003.08.14	8,4	2003.06.22	60	31	17	4



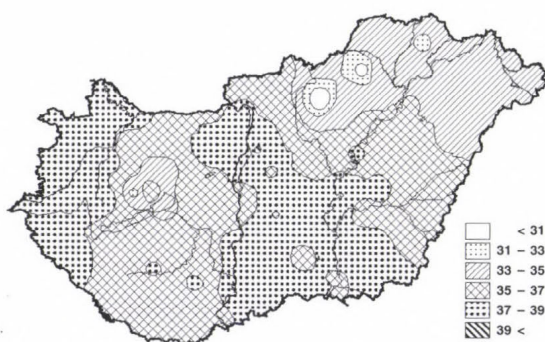
1. ábra: A nyár középhőmérséklete °C-ban



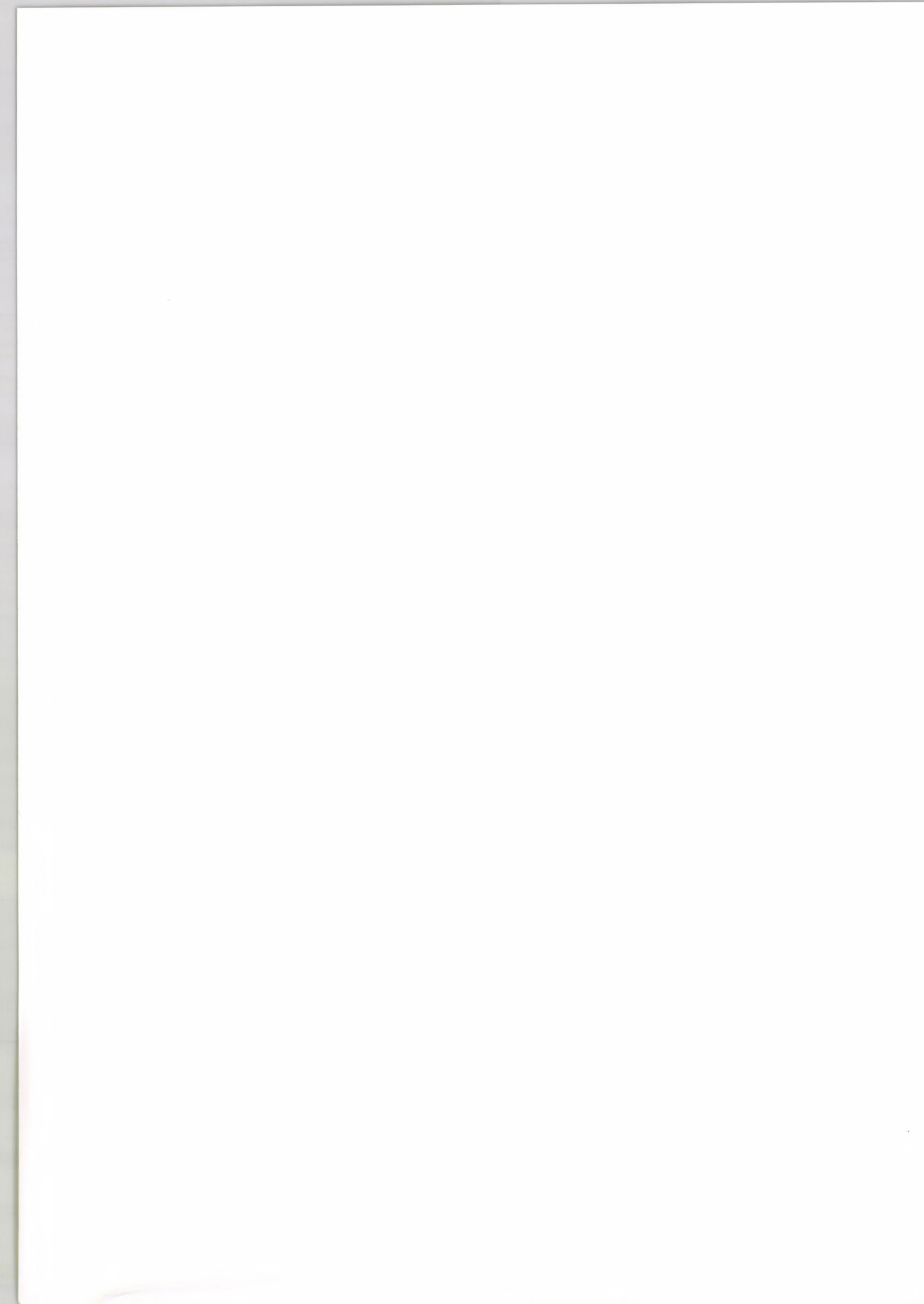
2. ábra: A nyár csapadéka mm-ben



3. ábra: A nyár napfénytartama órákban



4. ábra: Az augusztusi abszolút hőmérsékleti maximumok





L É G K Ö R

XLVIII. évfolyam

2003. 4. szám



TÉL AZ ŐSZBEN

(Cikk a 20. oldalon)



1. kép



2. kép

A képeket készítette: Kiss Márton

Megjelenik negyedévenként

XLVIII. évfolyam
4. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bóna Márta
Dunay Sándor
Dr. Haszpra László
Hunkár Márta
Ihász István
Mezősi Miklós
Németh Péter
Schirokné Kriston Ilona
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Mersich Iván, az OMSZ elnöke

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

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1120 Ft

Megrendelhető:
Az OMSZ Pénzügyi Osztályán

TARTALOM

A címlapon: 28 cm-s hótakaró Sopron-Kertvárosban
2003. október 24-én. *(Kiss Márton felvétele)*
Cikk a 20. oldalon.

Ambrózy Pál: Dr. Aujezsky László – egy sokoldalú meteorológus	2
OLVASTUK: Felmérés a világ meteorológiai szolgálatairól	5
Adomány	5
Dr. Götz Gusztáv: A Neumann János-legenda	6
Bartha Imre: „Biztonságos turizmus – összefoglalás a Balaton biztonságáért	10
Hirsch Tamás, dr. Kalmár Elena, Babolcsai György: Rendkívül korai hótakaró Magyarországon	13
Roszik Róbert: Tél az őszben	20
Gajzágó László: Örményi Imre (1932–2003)	22
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 3. rész	23
KISLEXIKON	29
Divéky Erika: Ózonmérés Szegeden a XIX. században	30
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	36
Dr. Simon Antal: Évfordulók, 2003	37
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 őszének időjárása	39
A 2003. év összefoglaló tartalomjegyzéke	41

EGY SOKOLDALÚ METEOROLÓGUS

Megemlékezés Dr. Aujeszky Lászlóról, születésének 100.,
halálának 25. évfordulója alkalmából

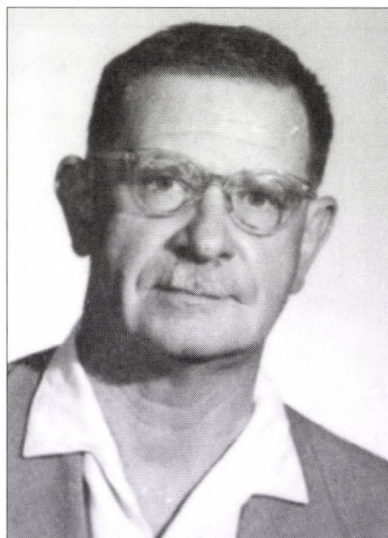
A neves magyar meteorológusok arcképcsarnokában – nem csak képletesen, hanem materiálisan is – találkozunk Aujeszky László portréjával. Az OMSZ I. emeleti tanácstermében az egykori igazgatók sorában láthatjuk fényképét, de ott függ a Meteorológiai Társaság irodájának falán is az elnökök között. Az egyre bővülő meteorológiai múzeum egyik legújabb tárlója a hazai időjáráselőrejelzés történetét mutatja be, és ott sem hiányzik Aujeszky László fényképe, hiszen pályafutásának jelentős részét éppen a prognosztika tette ki.

Talán a legfiatalabb meteorológus nemzedék keveset tud róla, ámbar, aki az OMSZ könyvtárát látogatja, hamar találkozhat nevével, irodalmi tevékenységével. Sajnos a Léggör számára nem készült interjú vele, hiszen a sorozat csak a 80-as évek közepén kezdődött, ő pedig már 1978-ban távozott az élők sorából.

Mégis, most, amikor születésének 100., nyugdíjba vonulásának 40., halálának 25. évfordulóján emlékezünk rá, a bőség zavarával küzdünk, mit lehet egy alig fél órási előadásba belesűríteni abból a sokrétű, gazdag életműből, amit az utókorra hagyott. Forrásul számos anyag szolgált. Elsőként említeném Zách Alfréd félbemaradt visszaemlékezését. Mindig nagyon precízen számon tartotta nagyjaink születési és halálozási évfordulóit. Már tavaly elkezdte gyűjteni az Aujeszky László életére vonatkozó adatokat, és csak halála akadályozta meg abban, hogy most nem ő emlékszik meg a nála mindössze 7 évvel korábban született kollegájáról. Sok segítséget kaptam az Aujeszky családtól szóban, írásban, képben. Végül, talán megengedik, hogy néhány személyes élményt is belesző-

jek az előadásba, hiszen az egyetemen előadásait hallgathattam, pályakezdőként alkalmanként a keze alatt dolgoztam, és számos intézeti vagy meteorológiai társasági rendezvényen tanúja lehettem kiváló előadói és vitakészségének.

Jöjjenek most az életrajzi adatok! Neves orvos, bakteriológus



apa és zenepedagógus anya gyermekeként 1903. augusztus 23-án született Budapesten. A szülői házban mindent megkapott, ami egy sikeres életút megkezdéséhez kellett: jó anyagi körülmények, nyelvtanulási lehetőség, amit élete során sokszor kamatoztathatott, ismerkedés a Természettudományi Társulat tudós vezető tagjaival, akik gyakran megfordultak apjánál. A középiskola elvégzése után a Pázmány Péter Tudományegyetemen tanul tovább fizika-matematika szakon, és nagyon hamar, már 23 évesen doktori címet szerez, summa cum laude minősítéssel. Közben gyakornokoskodik és könyvtárt vezet a matematika tanszéken. Érdeklődése már ekkor a meteorológia felé is fordul. Elnyeri a Duna-Tisza-közi Mezőgazdasági kamara pályadíját egy jó

hosszú című dolgozattal: „Lehet-e emberi beavatkozással, ha igen, milyen módon és mily irányban az alföldi mezőgazdálkodás biztosabb alapokra fektetése érdekében az éghajlati viszonyokra befolyást gyakorolni?” A munkát a pályadíj kitűzje pénz hiányában nem tudta megjelentetni, de pár évvel később, 1930-ban az MMT a szerző által kibővítve és átdolgozva kiadta lényegesen rövidebb címmel: „Védekezés az időjárási károk ellen”. A másfél száz oldalas munka manapság tartalmilag már másként nézne ki, de bámulatra méltó, hogy a fiatal szerző közel kétszáz, zömében külföldi forrásmunkát használt fel. Ekkor már Aujeszky a Meteorológiai Intézet munkatársa (1926-ban lépett be).

1927-1930 között több külföldi tanulmányúton vesz részt, ezek elsődleges célja a Nyugat-Európában már meghonosodott frontanalízis megismerése és hazai bevezetése. Erre ugyancsak rászolgált a hazai előrejelzési tevékenység. Aujeszky a korabeli állapotokról utólag így ír: „... nem voltak meg azok a technikai eszközeink, amelyek a frontanalízisnek legelemibb feltételei. A repülő felszállások eredményeit, a hegyi állomások és hajók jelzéseit nem kaptuk meg. Túl kicsik voltak a térkép-blanketáink, munkatérképünk egyáltalán nem volt. A frontanalízishez szükséges elemeket (felhő alakokat, tendencia-karaktert, látást, ekvivalens hőmérsékletet) nem lehetett az 1:20 milliós léptékű térképre berajzolni, amellet a térképrajzolás vegytíntával történt, úgyhogy még a berajzolt elemeket is csak akkor lehetett meglátni és áttekinteni, amikor a térképet másnap visszakaptuk a nyomdából.” Arról itt nem is ír, hogy elődei csak helyjel-közzel is-

merték az új módszereket, az ún. „Bergeni iskola” előrejelzési technikáját. Úttörő munkásságának eredményeként 1931-től megjelennek az időjárási frontok a szinoptikus térképeken, majd folyamatossá válik a front- és légtömeg-naptár vezetése, amit az Időjárás is publikál. Ez teljes szemléletváltozást eredményezett az előrejelző szolgálatban.

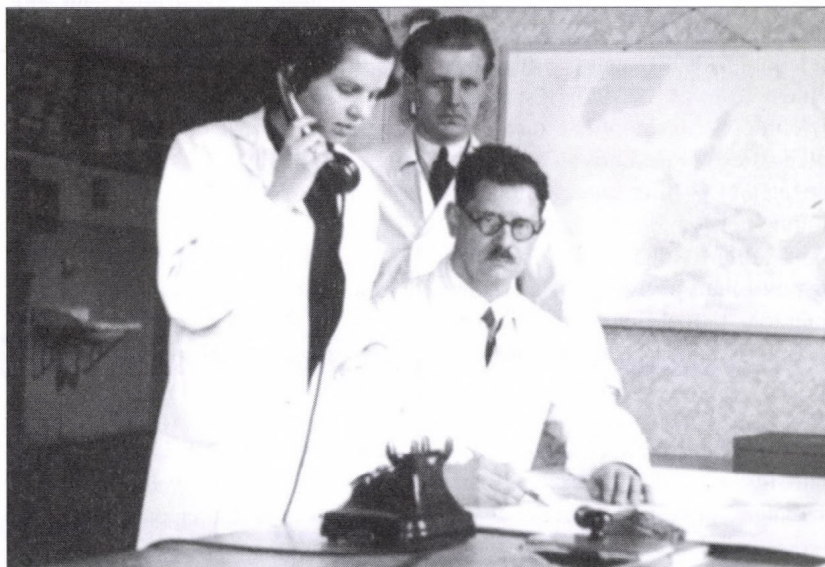
Aujeszky sokat tett a három dimenziós időjárás analízis meghonosítása érdekében. A 30-as években kezdődött meg a rendszeres rádiószondázás, egyre több hegyi állomás lépett működésbe (nálunk pl. Kékestető), és szaporodtak a repülőgépes időjárásfelderítések. Ezeket a mérési adatokat mindig nagy kincsként kezelte, reggelente ezek voltak az elsők, amiket kézbe vett.

Különös figyelmet fordított a zivatarok kialakulásának vizsgálatára. Erről több dolgozata is tanúskodik. Sok ideig használatban volt az *Aujeszky-féle szám*, melynek segítségével a telítettségre kívántak következtetéseket levonni a sikeresebb zivatarelőrejelzés érdekében.

1933-ban megírta a sztratoszféráról szóló első magyar nyelvű könyvet. Ekkoriban megjelenő cikkei között meglepően gyakran találkozunk az esetleges gáztámadások és egyéb hadi események meteorológiai vonatkozásait elemző munkákkal. Pedig ezek még a béke évei voltak. A magyarázat talán az lehet, hogy rendszeres cikkírója volt a Katonai Szemlének, s a katonáknak mindig, mindenre fel kell készülniük.

Talán egyik jelenlévő idősebb kollegánk sem tudta, én magam sem, hogy 1939-ben megjelent egy közel száz oldalas tanulmánya „Meteorológiai tényezők szerepe a piackutatásban” címmel a Statisztikai Hivatal kiadásában. A cím, a téma ma is aktuális, talán sokkal jobban, mint 60 évvel ezelőtt. Persze a tartalom azért nem ugyanaz, mint ami egy mai hasonló munká-

ban lenne. Az ő tanulmánya elsősorban a nagyvárosi élelmiszerpiacokkal foglalkozik, de a termeléstől kezdve az áruszállítás, raktározás, forgalmazás minden olyan mozzanatával foglalkozik, ahol időjárási tényezők befolyást gyakorolhatnak az áruk mennyiségére, árára, minőségére. Az írásmű összefoglalójából két mondatot szeretnék idézni:



A Prognózis osztályon 1950 körül (háttérben dr. Zách Alfréd)

„... a piacmeteorológiai kérdésekkel még sem Magyarországon, sem külföldön nem foglalkoztak olyan általános és átfogó szempontok szerint, amennyire ezt a kérdés fontossága és érdekessége megérdemelné. Először a piackutatás eszméjének és módszereinek kellett megszületniük, csak ezután kerülhet sor a piacmeteorológiai befolyások igazi horderejének felismerésére és e jelenségek szilárd természettudományi alapon álló számszerű vizsgálatára.”

Közben fokozatosan haladt előre a ranglétrán. 1943-ban Réthly maga mellé veszi, mint aligazgatót. Egy évre rá, amikor Réthly a német megszállást követően visszavonul az igazgatói székből, Aujeszkyt bízza meg az Intézet vezetésével. Ő ezt kötelességtudóan, precízen ellátja, pedig nehéz idők következnek: nyilas hatalomátvétel, Budapest ostroma, félig romba dőlt intézet, szétzi-

lált észlelőhálózat. Alighogy elő lehetett bújni az óvóhelyről, vezetéssel megkezdődött a romeltakarítás, az élet újrakezdése. 1945 májusában pedig, amikor Réthly visszatért, visszaadta neki megbízatását.

1947-ben az a megtiszteltetés éri, hogy részt vehet Washingtonban a Meteorológiai Világszervezet megalapítását eldöntő nemzetközi kon-

ferencián, ő is az egyezmény aláírói között van. Ottlétét felhasználta a Weather Bureau és más amerikai intézmények meglátogatására, ismeretei bővítésére. A választás egyébként nem véletlenül esett rá. Kiváló szakmai és nyelvismerete alapján a WMO elődjében, az IMO-ban több bizottságban képviselte a magyar meteorológiai szolgálatot, és szoros barátság fűzte Gustav Swoboda-hoz, az IMO utolsó vezetőjéhez. Még az is felvetődött, hogy az alakuló WMO-ban vezető tisztségviselői posztot is megpályázzon. Az elkövetkezendő évek politikai fordulatai azonban nem voltak túl kedvezőek számára. Nevével egyre kevesebbet találkozunk nemzetközi konferenciák résztvevőjeként. Még a WMO Szinoptikus Meteorológiai Bizottságának ülésein sem vehetett részt, ezeket és sok más fontos rendezvényt elsősorban Dési Frigyes látogatta, aki a nemzetközi ügyeket

erősen kézben tartotta. Mindenesetre 1950-ben Aujeszký kapta meg a vezetői posztot a Központi Előrejelző Osztályon, amit 1963 végéig, nyugalomba vonulásáig kiválóan ellátott.

Legyen szabad itt néhány személyes élményről is beszámolni. Az 50-es években az Előrejelző Osztályon volt egy aeroszinoptikai részleg is. Ezt hosszú időn keresztül Ozorai Zoltán vezette. A csoport feladata volt a magassági térképek elkészítése és az Időjárási Napjelentés aeroszinoptikai oldalának elkészítése is. Ekkoriban került bevezetésre az Intézetben az 5 napos munkahét, de változatlanul heti 48 órát kellett dolgozni. A szombati napok ellátása viszont megoldatlan maradt. Götz Gusztó barátommal vállalkoztunk arra, hogy a téli félévben ezt elvállaljuk, némi nyáron kivehető szabadnap reményében. Aujeszký persze szombaton is bejárt, így a bulletin aeroszinoptikus szövegét neki kellett bemutatni a térképekkel, felszállási görbékkel együtt. Nagyon gondosan átolvasztuk szövegeinket, gyakran bele is javított, de ezt tőle mindig elfogadtuk. Nyáron pedig, amikor a siófoki viharjelző szolgálat alkalmi munkásaiként dolgoztunk, délután 2 óra körül mindig elkezdett zakatolni a jó zajos RFT géptáviró: a pesti végén Aujeszký ült a géphez, és tájékoztatást adott a 300 mb-os szint áramlási viszonyairól.

Egyébként az Időjárási Napjelentés terjedelmi bővítését 4-ről 6 oldalra ő kezdeményezte 1950-ben. Az Időjárásban erről megjelent kis cikkében így ír: „A negyedik oldal a budapesti aerológiai észleléseket az eddigieknél áttekinthetőbben közli. Ugyanitt találjuk az időjárási helyzet szakszerű aerológiai leírását, amely különösen az egyetemi meteorológus növendékek számára lesz igen hasznos tanulmányi segédanyag.”

Tudását nem csak az előrejelző szolgálatban kamatoztatta, hanem az 1937-ben szerzett magántanári

képesítés birtokában 1953-ig megskatizálás nélkül 32 szemeszter során oktatja az előrejelzés tan korszerű módszereit, a légkör energetikáját, mesterséges csapadékkeltési módszereket és más tárgyakat. Meteorológus egyetemi hallgatóként évfolyamtársaimmal két tárgyat is hallgathattunk nála, a légkör energetikáját és a mesterséges csapadékkeltést. Nagyon felkészült előadó volt, s minthogy jegyzet nem volt, az órák utolsó negyedóráját arra használta, hogy a leglényegesebb dolgokat lediktálta. Jó szívére meg az utalt, hogy mindenki jelest kapott vizsgájára.

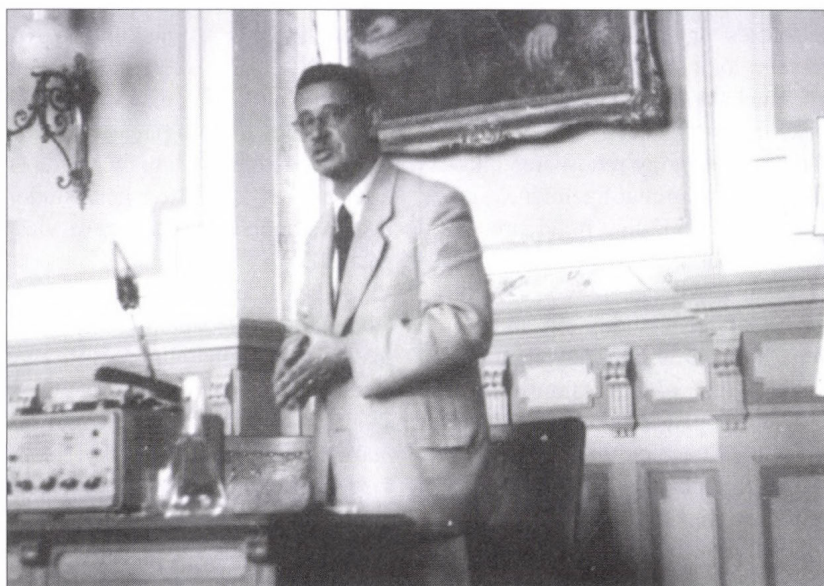
1951-ben a Magyar Tudományos Akadémia megbízásából szerkesztője és részben szerzője egy agrometeorológiai kézikönyvnek, a „Mezőgazdasági meteorológiá”-nak, melyet Berényi Dénessel és Béll Bélával közösen írtak. Ez a könyv is, de sok más munkája házagpótló volt az egyébként szűkös magyar nyelvű meteorológiai szakirodalomban.

Hosszú időn át foglalkozott a légkör energiakészletének vizsgálatával. 1952-ben felállítja a függőleges légoszlop energiájáról szóló tételét (a hőenergia mennyisége egyenlő a potenciális energia 2,5-szeresével). 1953-ban elsőként ad

módszert a légkör tehetetlenségi nyomatékának megbecslésére. Tudományos munkásságának elismeréseként 1954-ben a fizikai tudományok kandidátusává minősítik.

1957-ben az Akadémia kiadja „A légkör fizikája” c. könyvét. A hatvanas években intenzíven foglalkozik a mesterséges esőkeltés fizikai hátterének felderítésével. Már nyugdíjasként, 1970-ben nyújtja be nagydoktori értekezését „Kísérlet a légkör meteorológiai mobilizálódó energiakészletének megbecslésére” címmel, melyet egy évre rá sikeresen megvéd.

Hivatali munkája és egyéni tudományos tevékenysége mellett rendkívül aktív és széleskörű tudományos népszerűsítő tevékenységet folytatott. Részletes ismertetése egy teljes előadást igényelne. Ezért itt csak szemezgetünk a gazdag kínálatból. Alig 25 éves, amikor megjelennek első dolgozatai a Természettudományi Közönyben. Kapcsolata a Közönyt kiadó Természettudományi Társulattal, ill. a háború utáni TIT-tel életre szóló volt. 1939-től 1945-ig a Természettudományi Társulat másodtitkára, sőt egy ideig a Közöny társ-szerkesztője. 1939-ben jelenik meg a Társulat fennállásának 100. évfordulója alkalmából a Természet



Előadást tart az MMT győri vándorgyűlésén (1956. augusztus 24.)

világa c. enciklopédia sorozat első vaskos kötete „A légkör” címmel, melynek csaknem felét ő írta.

Élvezetes olvasmány a 40-es években írt füzet a városrendezési meteorológia alapelveiről (már ez a szóhasználat is érdekes, kár, hogy nem ment át a gyakorlatba sem mint kifejezés, sem mint tevékenység). Javasataiból csak kettőt idéznék:

- Budapest éghajlati viszonyai között a közúti vasútnak a többi közlekedési eszközök javára való visszafejlesztése nem kívánatos.
- Nem volt helyes a főváros ipari övezetét a délkeleti városrészekben elhelyezni, mert az onnan gyenge szelekkel áramló szennyeződés a budai hegyek tövében feltorlódik.

Sok kutatóintézet, tudományos társaság meteorológia iránt igényt vagy affinitást mutató képviselőivel személyes, baráti kapcsolatot létesített. Így, pl. ennek eredményeként az Orsz. Balneológiai Kutatóintézettel (ma ORFI) együttműködve megjelentette kis könyvecskéit „Magyarország gyógyfürdői” ill. „A magyarországi gyógyhelyek éghajlata” címmel.

Sok írása megjelent a Hidrológiai Közönyben, a Földrajzi Közleményekben, a Magyar Katonai Szemlében, az Erdészeti Lapokban, különböző mezőgazdasági folyó-

iratokban, a Városi Szemlében, a Tűzrendészeti Közönyben, a háború után a Természet Világában, az Élet és Tudományban, napi és hetilapokban. Csak az 1950-ig megjelent írásainak száma nyilvántartása szerint meghaladta a félezeret, az utána következő 28 év is valószínűleg ilyen termékeny lehetett, de pontos számot nem ismerünk.

Zách Alfréd hátrahagyott feljegyzései szerint 1978 decemberében egy operáció után a kórházban őt meglátogató kollegáinak arról beszélt, hogy egy „Népszerű meteorológia” c. könyv megjelentetését tervezi. Váratlan halála miatt (december 7.) erre már nem kerülhetett sor.

Feltétlenül szólnunk kell Aujeszky Lászlónak a Magyar Meteorológiai Társaságban betöltött szerepéről. Már pályakezdőként a Társaság tagjai között találjuk, sőt 1928-tól három évig titkár. Nehéz időkben, 1945-ben választják meg főtitkárnak, amikor a társasági élet megindításához újra engedélyt kell kérni. Réthly Antal mellett bizonyára nagy szerepet játszott abban, hogy az Időjárás háború miatt kimaradt évfolyamait 1947-48-ban utólag kiadták. 1948-tól 1951-ig ő volt az Időjárás szerkesztője. Főtitkárságának utolsó évében, 1950-ben csatlakozik az MMT a MTESZ-hez, ami ugyan önkéntes volt, de volt benne felsőbb sugallat is. Ezt követően két évig a Társaság elnöke.

1950 végén nagyrészt az ő kezdeményezésére és közreműködésével indult meg egy nagyszabású orvosemeteorológiai tanfolyam, amely 27 előadást tartalmazott, hetente 2 alkalommal 2-2 órában. A résztvevők száma meghaladta az ötvenet.

1961-ben és 63-ban (ekkor megy nyugdíjba) megkapja a Steiner Lajos emlékérmét. Továbbra is a Társaság hűséges tagja, résztvevője és többször előadója a vándorgyűléseknek. 1977-ben a Társaság tiszteleti tagjául választja. Számos alkalommal külföldi vendégelőadó előadásainak tolmácsolója.

Beszélnünk kellene róla, mint magánemberről, családapáról, nagyapáról, de erről ismereteink hiányosak. De itt van köztünk az Aujeszky család több tagja, akik sokkal hivatottabbak felidézni ezeket az emlékeket.

Amit mi, 30-40 évvel fiatalabb tanítványai, beosztottjai mondhatunk róla, az így foglalható össze: rendkívül jól képzett, nagy tudású, udvarias, korrekt, szorgalmas ember volt, s az iránta tanúsított tiszteletünket nem halványította el, ha néha háta mögött éretlen fejvel humoros megjegyzéseket tettünk fekete esernyőjére, amit lényegesen többször láttunk nála, mint amennyi a csapadékos napok évi száma. Óvatos ember volt, de élt-halt a szakmájáért. Így volt teljes az élete, így marad meg emlékezetünkben.

Ambrózy Pál

OLVASTUK...

Felmérés a világ meteorológiai szolgálatairól

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) 2000-2001-ben széleskörű elemzést végzett a 187 tagállam közül 128-ból beérkezett válaszok alapján (a nem válaszolók jórészt kis államok voltak). A részletek megtekinthetők a www.wmo.ch honlapon. Itt csak néhány jellemző adatot sorolunk fel.

A meteorológiai szolgálatoknál dolgozók összlétszáma 300.000 körüli, a legnagyobb több, mint 55 ezer főt foglalkoztat, a legkisebbek létszáma az ötöt sem éri el. A férfiónő arány 55:45. A szakemberek és technikusok aránya 45-45%, az adminisztratív létszám 10 %.

A szolgálatok költségvetése egy lakosra számítva igen tág határok között ingadozik: kb. 10 US centtől 13 USD-ig (nálunk 0,80 USD). Az átlag 1.60 USD. A szolgálatok GDP-ből va-

ló részesedése is országonként változik, általában 0,01-0,02 %-ot tesz ki.

WMO Bulletin, 2003. No. 4.

* * *

Adomány

Dr. Bőjti Béla, a Balatoni Viharjelző Szolgálat ny. vezetője a Siófoki Városi Könyvtárnak adományozta összegyűjtött tudományos munkáit, tanulmányait. A gyűjtemény a helytörténeti anyag részét fogja képezni.

Siófoki Hírek, 2003. okt.

A NEUMANN JÁNOS-LEGENDA

2003-ban hazánk rendezvények sorozatával emlékezett meg a magyar származású zseniális gondolkodó, *Neumann János* születésének századik évfordulójáról. Neumann matematikusnak vallotta magát – és *Lánczos Kornél* szerint nem csupán kiváló matematikus volt, hanem a 20. század legkiválóbb matematikusa. *Teller Ede* úgy jellemezte képességeit, hogy Neumann bármely állítást be tudott bizonyítani, és bármi, amit bebizonyított, az úgy is van. Tragikusan rövid élete során jelentős eredményekkel gazdagította a kvantumfizikát, a logikát, a hadtudományt, a számítógépek elméletét és alkalmazásait, valamint a stratégiai játékok elméletének kidolgozásával a közgazdaságtant. Megemlékezésünkben a meteorológia fejlődésében betöltött szerepét vázoljuk fel, és megkíséreljük a tudóst mint embert az Olvasóhoz közelebb hozni.

Egy történelmi jelentőségű expedíció: a numerikus prognosztika megalapozása

1950 márciusának első vasárnapján egy hat főből álló lelkes csapat jelent meg az amerikai hadsereg tüzérségi ágazatának a marylandi Aberdeenben levő ballisztikai kísérleti bázisán. Céljuk *Lewis Richardson* 1922-ben megálmodott jövőképeinek valóra váltása volt: az időjárást a légköri folyamatokat kormányzó hidrodinamikai egyenletek numerikus integrálásával, a természetes idő múlásánál gyorsabb ütemben, objektív alapon előre jelezni. Ehhez a merész vállalkozáshoz a technikai alapot a világ első, elektronikusan működő számítógépe, az Electronic Numerical Integrator and Computer (ismert nevén, az ENIAC) teremtette meg. A csapat vezetője *Neumann János* volt; társaságát *Jule Charney*, *Ragnar Fjörtoft*, *Joseph Smagorinsky* és *George Platzman* meteorológusok, valamint a programozási munkát felügyelő *John Freeman* alkották. Expedíciójuk az egyeteméről híres New Jersey állambeli kisvárosból, Princetonból, mégpedig az ott létesített, Institute for Advanced Study (IAS) nevet viselő intézetből kelt útra, és az indulást közel öt éves előkészítő munka előzte meg.

Az IAS-t 1933-ban alapította meg néhány gazdag üzletember, kifejezetten azzal a szándékkal, hogy briliáns agyú kutatók elvont szellemi munkájához biztosítson

nyugodt környezetet. Kezdetben hat matematika-professzori állás betöltésére hívtak meg neves szakembereket. Egyikük Neumann János volt, aki 1955 márciusáig állt az intézet kötelékében; ekkor *Dwight Eisenhower* elnök az öttagú Atomenergia Bizottságban történő közreműködésre kérte fel, és ezért Washington értelmiségi központjába, Georgetownba költözött. És a kiválasztott személyiségek között szerepelt a Neumann-nal már korábban közeli baráti és munkaviszonyba került *Albert Einstein*; ő egészen az 1955 áprilisában bekövetkezett haláláig elmélkedett ennek a különös, diákok és laboratóriumok nélküli intézménynek a kolostori falai között.

1945 vége felé Neumann-nak sikerült meggyőznie az IAS igazgatóját, *Frank Aydelotte*-ot, hogy vállaljon fel az intézet hagyományos tevékenységébe egyáltalán nem illő tervet: egy korszerű elektronikus számítógép kifejlesztésének munkáját. Neumann az ilyen gyors számoló berendezések számára a legnagyobb kihívásnak a hidrodinamika nemlineáris egyenleteinek numerikus integrálását tekintette. Ettől a gondolattól vezérelve, néhány hónappal később, 1946 tavaszán, a számítógépes terv részeként hozzákezdett egy meteorológiai program megvalósításának előkészítéséhez, amelynek célja a numerikus időjárás-előrejelzés gyakorlati alapjainak lefektetése volt. Mindazt a szakmai nehézséget, amely negyed századdal korábban



Richardson első kísérletének kudarcához vezetett, azok a lelkes és nagyon tehetséges fiatal szakemberek oldották meg, akik részben *Carl-Gustaf Rossby*, a chicagói egyetem professzora, részben *Francis Reichelderfer* és *Harry Wexler*, a U.S. Weather Bureau két vezetője javaslatára váltak a program részeivé. A munka oroszlánrészét *Jule Charney* végezte el, akinek, mint tudjuk, elsősorban a gravitációs hullámok domináns hatását kellett a felépítendő prognosztikai modellből kiszűrnie; szellemes eljárása kvázi-geosztrofikus közelítésként vonult be a gyakorlatba. A numerikus integráció számítási stabilitását biztosító, 1928-ban felfedezett Courant–Friedrichs–Lewy-féle feltételt (tehát az időlépcsőnek a rácsávolsághoz igazodó megválasztását) Neumann módosította a feladathoz illeszkedő formára.

Az előkészítő munkával 1950 tavaszára sikerült végezni. Mivel ekkor az intézetben, a számítógépes

projekt keretében épülő IAS gép még a tervezés fázisában volt, a numerikus integráció végrehajtására egyedül az ENIAC jöhetett szóba; használatához a katonaságtól az engedélyt a Weather Bureau közbenjárására szerezték meg. A kísérlet napi huszonnégy órán át, csak rövid megszakításokkal, 33 napon keresztül folyt. A maratoni munka során számtalan nehézséggel kellett megküzdeni. A programozást hatalmas vezérlőpulton, kézi dugaszolással végezték, és a műveletet valamilyen okból nem volt szabad megszakítani: a gép folyamatos beavatkozást igényelt. A hibamentes futásidő átlagosan csak egy-két óra volt, míg a javítás gyakran sok-sok órát igényelt. Lépten-nyomon felmerültek kódolási problémák, amelyek megoldásában Neumann felesége, *Dán Klára* is segített. De végül az ekkor már közel 70 éves Richardson még megélhette, hogy a folyamatok fizikai lezajlásánál *valamivel gyorsabban* megszületett az 500 hPa-os szint topográfiájának első négy eredményes, 24 órás előrejelzése. A csekély időelőny a csapatot nem aggasztotta; tudták, hogy a már *belső programvezérlésű* (tehát az utasításokat és az adatokat egy memóriában tároló) és *párhuzamos működésű* (a megfelelő számjegyek párpait egyidejűleg összeadó) IAS gép lényegesen gyorsabb számítást tesz majd lehetővé.

Egy történelmi jelentőségű konferencia: a klímadinamika megalapozása

Neumann Jánost élete utolsó szakaszában – kortársait több mint egy évtizeddel megelőzve – élénken foglalkoztatta a természeti környezet fokozatosan romló állapota. (Ne feledjük, az emberi környezet megóvásának érdekében rendezett első ENSZ-konferencia csak 1972 júniusában ült össze Stockholmban.) A *Fortune* amerikai folyóirat 1955. évi júniusi száma a technika túlélhetőségének kérdését elemző, nagy

érdeklődést kiváltó tanulmányt jelentetett meg tollából *Can we survive technology?* címmel. „A nagy földgolyó gyorsan érlelődő válságban van, amely annak a ténynek tulajdonítható, hogy a környezet, amelyben a technika fejlődése végbemegy, túl kicsi, és rosszul szervezetté vált. Ahhoz, hogy a válságot valamelyest pontosan meghatározhassuk, és kezelési lehetőségeit felkutathassuk, nemcsak a tényeket kell figyelembe vennünk, hanem bizonyos spekulációkat is” – szólnak a cikk kezdő mondatai. Az elgondolások között felvetett egy teljesen „abnormis” iparágat, amely még nem szerepelt az ismert foglalkozások listáján: az éghajlat szabályozását. Példaként az Antarktisz és Grönland jegének színezett anyag mikroszkopikus részecskéivel történő beszórását említette, ami a napsugárzás visszaverődésének csökkentésével megolvaszthatja a jeget, és megváltoztathatja a helyi éghajlatot. Ám óva figyelmeztetett: „a fő nehézség abban áll, hogy részleteiben előre kell látnunk bármely hasonló drasztikus beavatkozás hatásait”.

Ennek az előrelátásnak a megalapozása érdekében Neumann kezdeményezte, hogy a princetoni meteorológiai program keretében a kutatók, a rövid távú numerikus időjárás-prognosztika módszereinek fejlesztése mellett, kezdjenek hozzá a kormányzó hidrodinamikai egyenletek hosszú távú integrálása lehetőségeinek a vizsgálatához. A célt a légkör „szokásos viselkedését” (az éghajlati állapotot) jellemző általános cirkuláció modellezésében jelölte ki, amelynek eléréséhez az addig használt *konzervatív* (teljes energiájukat megőrző) prognosztikai rendszereket természetesen át kellett alakítani a termikus gerjesztés és a sűrűlódásos energiavesztesség folyamatát is leíró *kényszerített-disszipatív* rendszerekké.

Az első eredmények bemutatására Neumann nemzetközi konferencia összehívását kezdeményezte, amelynek 1955 októberében az

Institute for Advanced Study adott otthont. A világ harminc élenjáró meteorológusának jelenlétében az ülést az IAS igazgatói tisztét 1947 óta betöltő *Robert Oppenheimer* nyitotta meg. Beszédében párhuzamba állította a konferenciát azzal a kétéhes tanácskozással, amelyet annak idején Los Alamosban rendeztek a Manhattan-terv keretében előállítandó atombombával kapcsolatos tennivalók megvitatására, és rámutatott, hogy megítélése szerint a légköri mozgások komplex dinamikájával foglalkozó kutatók egy annál lényegesen bonyolultabb problémával szembesülnek. Előadásában Neumann a klímafluktuációk előrejelezhetőségéhez fűzött megjegyzéseket, majd elemezte a különböző időskálájú folyamatok prognózisánál fellépő nehézségeket. És itt mutatta be *Norman Phillips* azt a modellt, amelynek segítségével először sikerült elfogadhatóan szimulálni az általános légkörzés alapvető mechanizmusát. Számításai már az intézetben kifejlesztett, az ENIAC-nál sokkal korszerűbb számítógépen történtek – azon a berendezésen, amelyet Neumann egyszerűen IAS gépnek nevezett, ma *Neumann-gép*-ként emlegetünk, szerető munkatársai pedig *Johniac*-nak becéztek. A háromnapos konferenciát szakmánk története egy új diszciplína, a *klímadinamika* alapjait lefektető rendezvényként tartja számon.

Ki volt, és milyen volt Neumann János, a *tudós* és az *ember*, akinek a sokoldalú tevékenysége a meteorológia két fontos feladatának a megoldására is kiterjedt? A következő sorok ezt a képet hivatottak felvázolni.

Neumann ifjúkora

Neumann János 1903. december 28-án látta meg a napvilágot Budapesten, egy jómódú polgári családban, *Neumann Miksa* és *Kann Margit* legidősebb gyermekeként. A tehetségéről és csodálatosan gyors problémamegoldó képességéről szóló

legendák már egészen fiatal éveiben kezdtek kialakulni. Mondják, hogy hatéves korában fejben osztott két nyolcjegyű számot; 8 évesen jól ismerte a differenciál- és integrálszámítást; 12 éves korában olvasta és megértette *Émile Borel* francia matematikus *Théorie des Fonctions* című művét. Kivételes memóriáját felidézve, a család ismerősei mesélik, hogy már gyermekkorában képes volt egy látásra megjegyezni egy teljes oszlopot a telefonkönyvből. Később ő maga humorizált azzal, hogy a manhattani telefonkönyv összes számát tudja, csupán a számokhoz tartozó neveket kellene ismernie, hogy a telefonkönyvet nélkülözhesse.

Középiskolai tanulmányait a már akkor elit iskolának számító budapesti Fasori Evangélikus Gimnáziumban végezte el, ahová édesapja járt, és ahol a kor számos későbbi híressége – köztük a fizikai Nobel-díjas *Wigner Jenő* és a közgazdasági Nobel-díjas *Harsányi János* – is tanult. Jó barátjának, a nála egy esztendővel idősebb Wignernek tízévesen ő magyarázta el a halmazelmélet lényegét, és később Amerikában is szoros kapcsolatban maradtak. 1920-ban elnyerte az ország legjobb matematikus diákja kitüntető címet, és egy évvel ezt követően leérettségizve, természetesen a matematikusi pályát szerezte volna választani. Szigorú atyja azonban hallani sem akart egy ilyen, gazdagsággal aligha kecsegtető döntésről. *Kármán Tódor* erről így emlékezik vissza: „Acheni professzorságom első évében beállított hozzám egy pesti bankár 17 éves fiával, Jancsival. Furcsa dolgot kért tőlem: beszéljem le Jancsit arról, hogy matematikus legyen. Azt mondta, a matematikusok nem értenek a pénzkereséshez. Elbeszélgettem a fiával. Káprázatos feje volt. 17 évesen önállóan tanulmányozta a különböző végteleneket, ami pedig az absztrakt matematika egyik legmélyebb problémája, és érdekes elméleteket dolgozott ki

rájuk. Azt gondoltam, hogy szígyen volna őt elterelni attól, amire természetes hajlama vezeti. Ezért azt tanácsoltam a papának, hogy kössön a fiával kompromisszumot: hadd tanuljon vegyészmérnökséget.” (A neves aerodinamikusnak ezzel a szerepével kapcsolatban érdemes visszaemlékeznünk arra, hogy két évtizeddel később, amikor Kármán már a sugárhajtóművek kifejlesztésével foglalkozó pasadenai Jet Propulsion Laboratory vezetője volt, a kaliforniai egyetem Los Angeles-i tagozatán tanuló, és tanácsért hozzá forduló matematikus doktoranduszt lebeszél az asztro-nautikai pályáról, mondván, hogy a meteorológia sokkal ígéretesebb tudományág. Ez a fiatalember Jule Charney volt.)

Neumann János érdekes életbe kezdett. A budapesti egyetemen beiratkozott a matematikus szakra, de ideje java részét Zürichben töltötte, ahol a szövetségi műszaki főiskola, az Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) padjaiban vegyészmérnöki tanulmányokat folytatott. Minden egyetemi félév végén visszatért Budapestre, hogy letegye az esedékes matematikai kolokviumokat. Gyakran fölbukkant Berlinben is, hogy részt vegyen Einstein statisztikus fizikai szemináriumain. 1925-ben az ETH-n vegyészmérnöki diplomát kapott, alig egy esztendővel később, 1926 tavaszán pedig – megfogalmazva a halmazelmélet egzakt axiómáit kitüntetéssel doktorált matematikából *Fejér Lipót* professzornál a Pázmány Péter Tudományegyetemen.

Az európai évek

Neumann a tudományos munkásságát csak rövid ideig folytatta Magyarországon. Mint a húszas években minden ifjú tudósjelölt, ő is Németországba tartott, amelynek három nagy egyeteme a tudományos élet egy-egy fellegetvőjének számított. Neumann mindhárom

egyetemen megfordult. 1926–1927-ben, 1929–1930-ban Hamburgban oktatott.

Azokban az években érdekes dolgok történtek Göttingenben, amely akkoriban a kvantummechanikai kutatások fő központja volt. Az ifjú Neumann az idős (már a 65. életévét taposó) Hilberttől azt a feladatot kapta, hogy egyeztesse össze *Werner Heisenberg* és *Erwin Schrödinger* elméletét, amelyek teljesen eltértek egymástól (és egyik tudósnak sem tetszett a másik megközelítése), ám a kettő színeképileg mégis ugyanarra az eredményre vezetett. Neumann zseniálisan oldotta meg a problémát: létrehozta a kvantummechanika valószínűségi értelmezését. Ezáltal nem alkotott kevesebbet, mint – *Teller Ede* szavaival élve – „matematikailag elfogadható magyarázatát adta a kvantummechanikának, ugyanúgy, ahogy Euklidesz tette a geometriával”.

Az első évek Amerikában

Neumann-nak az Amerikai Egyesült Államokban befutott karrierje 1930-ban kezdődött. A projektív geometria neves művelője, *Oswald Veblen* meghívására a princetoni egyetemen először kvantummechanikát adott elő, majd egy esztendővel később önálló katedrát kapott, és ezzel ő lett a nemzet legfiatalabb kinevezett professzora. Nem sokkal később, 1933-ban az Institute for Advanced Study-ban vállalt professzori állást; erről az eseményről korábban már szoltunk. Az Újvilágba költözése először nem hozott lényeges változást matematikusi tevékenységében. Ismert viszont, hogy nehezebbre esett megszokni az amerikai tudós társadalom nagyobb mérvű publikáció-központúságát, amely az európai gyakorlattal szemben kevesebb kötetlen kommunikációt jelentett. Részben ezt ellensúlyozták a Neumann család princetoni otthonában rendszeresen megtartott híres összejövetelek, ahol mindig

élénk matematikai és intellektuális párbeszéd zajlott.

Később azonban a második világháború közeledése, majd kitörése drámaian átalakította Neumann matematikai érdeklődését. Gondolatai új kérdések felé terelődtek, olyan problémákra, amelyeknek a megoldása reményei szerint hozzájárult a nagy cél eléréséhez, a Németországgal szembeni győzelemhez. És ez az irányváltás vezette el végül Neumann az elektronikus számítógépek világába, majd az időjárás numerikus előrejelzésének témájához.

Ballisztikai számítások és számítógépes fejlesztések

Mivel technológiai szempontból az első világháború utáni háborúról a szakértők azt gondolták, hogy az előbbi folytatása lesz, a lövedékek röppályájának kiszámítására szolgáló táblázatok fejlesztését egy pillanatra sem szüneteltették (ma már tudjuk, hogy az 1940-es évek elején *Andrej Kolmogorov* szintén hasonló munkában vett részt). Az amerikai katonai vezetésnek pedig történelmi érdeme, hogy – ellentétben a németekkel – ki merte mondani: a háborút nem az nyeri meg, akinek a leggyorsabb repülőgépei, a legerősebb harckocsijai és a legmeszebbre hordó ágyúi vannak, hanem az, aki a leggyorsabban tud számolni. Az aberdeeni ballisztikai laboratóriumban *Veblen* professzor már 1917 és 1919 között vezetett lövedék-röppályával kapcsolatos kutatásokat, és 1937-ben Neumann elhatározta, hogy csatlakozik hozzá. A munkában való elmélyülését szépen mutatja, hogy hamar rájött: mivel a levegő sűrűsége a magassággal csökken, a lövedékek pályáját leíró egyenletek nemlineárisakká válnak, és így nem oldhatók meg zárt analitikus formában.

Neumann vizsgálatainak másik új területe a robbanási hullámok terjedésének elemzése lett. Ebben a témakörben a világháború éveit alatt

hat tanulmányt publikált, és ilyen irányú szakértelme révén vált az Oppenheimer vezetésével folyó Manhattan-terv megvalósításának részesévé. 1944 júniusában azért utazott Aberdeenbe, hogy egyeztesse a ballisztikai laboratórium számára Philadelphiában, *John Mauchly* és *Presper Eckert* vezetésével épülő ENIAC teljesítményét a Los Alamos-i számítási igényekkel. A kisváros pályaudvarának peronján ekkor találkozott össze *Herman Goldstine* százados-sal, a gép építésének katonai összekötőjével. Közeli barátságba kerültek egymással, és kettejük együttműködése meghatározó jelentőségű lett a számítógépes technika továbbfejlődése szempontjából. Az ENIAC tapasztalatait figyelembe véve, elképzeléseik alapján alkották meg *Julian Bigelow* és *James Pomerene* mérnöki közreműködésével az IAS gépet, amely a modern számítógépek prototípusává vált, és tartalmazta mindazokat az ismérveket, amelyeket ma *Neumann-architektúra* néven emlegetünk.

Neumann, az ember

Egyszer megkérdezték Wigner Jenőtől: Miért van az, hogy Magyarország a 20. század elején annyi zsenit adott a világnak? „Annyi zsenit? – csodálkozott Wigner. – Nem értem a kérdést. Zseni csak egy volt: Neumann János.” Ám még egy ilyen különleges képességű egyén sem volt mentes az emberi gyarlóságtól, amit a róla fennmaradt kis anekdoták is tanúsítanak.

Szeretett, de nem tudott jól autót vezetni. Princetonban volt egy „Neumann-sarok”, ahol kocsija többször bajba került. Gyakran idézett magyarázata, amelyet állítólag egy balesetnél adott, így hangzik: „Mentem az úton. A fák jobb oldalt rendesen vonultak mellettem 60 mérföld/óra sebességgel. Hirtelen az egyik az utamba került. Bumm!”

Szeretett, de nem tudott jól póke-rezni. Los Alamosban, az atom-

bomba előállításán titokban munkálkodó csoport számára a fő eseményt, amely csillapította a szakmai megbeszélések, esti összejövetelek, családi látogatások és vacsorameghívások monoton ismétlődését, a hetente egyszer szervezett pókerparti jelentette. De ha a pókert az ember csupán pihentető szórakozásnak tartja, és nem különöbben érdekli maga a játék, nem lehet nagyon sikeres. Neumann a licitálás közben teljesen más dolgokról gondolkodott, következőképpen gyakran vesztett. *Nicholas Metropolis*, a neves matematikus egyszer eldicsekedett azzal, milyen nagy győzelem volt számára, amikor tíz dollárt nyert Neumanntól, a játékelmélettel foglalkozó, *Oskar Morgenstern*nel 1944-ben közösen írt híres könyv szerzőjétől. Öt dollárért megvette a könyvet, a megmaradt ötdolláros bankjegyet pedig győzelmi szimbólumként beragasztotta a kötet fedőlapjának belsejére.

Felesége, Klára így beszélt róla egy interjúban: „Csak nagyon halvány fogalmak voltak házuk földrajzáról. Egyszer megkértem, hogy hozzon be egy pohár vizet; rövid idő után visszajött, és megkérdezte, hogy hol vannak a poharak. Csak tizenhét éve laktunk abban a lakásban.” *Halmos Pál* akadémikus, aki Neumann asszisztenseként, Princetonban kezdett foglalkozni a speciális operátorokkal, jól emlékszik vissza arra az esetre, amikor egyik délután ő vitte haza Neumannt a kocsiján. Mivel aznap este összejövetel volt a Neumann családnál, és nem volt biztos benne, hogy egyedül is oda-talál, ezért megkérdezte tőle, hogyan ismeri meg a házat. „Ez nagyon könnyű – felelte Neumann, ott van, ahol a járda szélén az a galamb ül.”

Epilógus

Stanislaw Ulam – akivel Neumann az ensemble prognosztikában is alkalmazott Monte-Carlo-mód-

szert kidolgozta – 1958-ban így emlékezett vissza: „Neumannt lenyűgözte a földi atmoszféra nemlineáris hidrodinamikai egyenletei által képviselt félelmes matematikai kihívás. Ezt a feladatot személyesen is nagyon fontosnak érezte, mert látta, hogy a megoldásnak tudományos szempontból és gyakorlatilag egyaránt alapvető jelentősége lehet. Állította, hogy ha a számítógépek segítségével megértjük a légkör dinamikáját, az nem csak az előrejelzést teszi lehetővé, de talán az éghajlat szabályozását is.”

Neumann már beteg volt, amikor 1955 októberének végére a klímadinamikai konferenciát Princetonban összehívta. Néhány hónappal később toloszékbe kényszerülve vette át a Fehér Házban Eisenhower elnöktől a legmagasabb amerikai polgári elismerésnek számító Szabadság Érdemrend (*Medal of Freedom*) kitüntetést. 1956 áprilisá-

nak elején feküdt be a washingtoni Walter Reed katonai kórházba, ahol az elnöki betegszobát kapta meg, és azt soha többé nem hagyta el. Teller Ede ezt írta utolsó napjairól: „Amikor Neumann tudatára ébredt, hogy gyógyíthatatlan beteg, ráébredt arra is, hogy majd megszűnik létezni, és így megszűnik gondolkodni is... Nagyon leverte, ahogy agyának szétesését érezte. Megkért, hogy gyakran látogassam meg, csak hogy ellenőrizhesse agyának logikus működését.” Ágyánál mindig egy ezredesi rendfokozatú biztonsági tiszt volt jelen, azt megakadályozandó, hogy önkívületében fontos katonai titkokat áruljon el. De a biztonsági őrnök nem sok hasznát vették: álmában a beteg magyarul beszélt.

Neumann János 1957. február 8-án halt meg. Sírja a princetoni öreg temetőben van. Személyében azoknak a nagy magyar gondol-

kodóknak egyikét tiszteljük, akik Nyugaton alakították a 20. század történelmét, és akit – Kármán Tódor, Szilárd Jenő, Teller Ede és Wigner Jenő mellé, egy Los Alamosban született legenda nyomán a *marlakókként* emlegett, kivételes intelligenciával megáldott csapatba válogatott be a nemzetközi tudós társadalom.

Dr. Götz Gusztáv

Irodalom

- Aspray, W., 2003: *Neumann János és a modern számítástechnika kezdetei*. Vince Kiadó, Budapest
- Kovács Gy. (szerk.), 2003: *Ki volt igazából Neumann János?* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Kovács Gy. és Staa Gy. (szerk.), 2003: *Neumann-emlékszáma. Természet Világa*, 134, III. különszám
- Marx Gy., 2000: *A marlakók érkezése*. Akadémiai Kiadó, Budapest

„BIZTONSÁGOS TURIZMUS – ÖSSZEFOGÁS A BALATON BIZTONSÁGÁÉRT”

A 2003. évi balatoni viharjelzési szezon záró értékelését már hagyományosan (harmadik éve) Balatonföldváron a Hotel Jogarban tartották, október 9.-én, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) által szervezett sajtótájékoztatón.

A nyári idény zárásaként a „Biztonságos turizmus – összefogás a Balaton biztonságáért” címmel rendezett sajtótájékoztatón a BM OKF mellett az OMSZ, a Balatoni Fejlesztési Tanács, a BM Országos Rendőr-főkapitányság, a Balatoni Közbiztonsági Koordinációs Bizottság, a Rádiós Segélyhívó Infokommunikációs Országos Egyesület (RSOE), a Balatoni Vízi-rendészeti Rendőrkapitányság, a Vízimentők Balatoni Szakszolgálat, és a Balaton körüli Önkormányzati Irodák képviselői, valamint számos újságíró és média szakem-

ber vett részt. A szezont összegző tanácskozáson áttekintést adtak egyebek között a vízi balesetekről, a vihar-előrejelző és viharjelző munkáról, különböző olyan fejlesztésekről, amelyek a nyaralók és a vízisportok kedvelők biztonságát szolgálják.

A megtartott szezont záró sajtótájékoztató témakörei:

– **A Balatoni Viharjelző Rendszer működése, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság idei tevékenysége, a balatoni biztonság érdekében végzett fejlesztések.**

Előadó: Tatár Attila t. vezérőrnagy, főigazgató, BM OKF.

– **Az Országos Rendőr-főkapitányság tájékoztatója a vízi-balesetekről és a vízirendészeti tevékenységről.**

Előadó: Dr. Hatala József r. vezérőrnagy, közbiztonsági főigazgató, BM ORFK.

– **Az Országos Meteorológiai Szolgálat tevékenysége a balatoni régióban.**

Előadó: Dr. Mersich Iván elnök, helyettes államtitkár, OMSZ.

– **A Balatoni Közbiztonsági Koordinációs Bizottság szezonzáró értékelése.**

Előadó: Varjasi Gábor r. ezredes, elnök, BKKB.

– **Szándéknyilatkozat aláírása a BM OKF új, speciális felderítő mentőosztágának létrehozásáról**

Előadó: Tatár Attila t. vezérőrnagy, főigazgató, BM OKF.

A sajtótájékoztatót dr. Kolber István a Balaton Fejlesztési Tanács (BFT) elnöke nyitotta meg, aki megnyitó beszédében utalt arra, hogy a Balaton az utóbbi időben kiemelt

figyelmet kapott nem csak az alacsony vízállása miatt, hanem a Tihanyba kihelyezett idei nyári kormányülés egyik határozata kapcsán is, amely az itteni közbiztonsággal, az élet- és vagyonvédelemmel foglalkozott. A BFT elnöke azt mondta: a turizmus vonzó természeti adottságokat, valamint jó infrastrukturális körülményeket igényel, emellett vendégszeretetre és jó közbiztonságra is szükség van.

A teljességre való törekvés nélkül a jelen beszámoló néhány előadótól idéz olyan előadás részeit, amelyek a viharjelzés meteorológiai kiszolgálásával is szoros kapcsolatba hozhatók.

Tatár Attila vezérőrnagy, a BM OKF vezetője többek között beszámolt arról, hogy az immáron Európai Unió normáinak megfelelően működő Balatoni Viharjelző Rendszer sikeresen zárta a 2003. évi nyarat. Az RSOE műszaki felügyeletével működtetett rendszert a szezon elején az új rendelkezéseknek megfelelően 30/60-asról 45/90-es villanásszámra alakították át. Az idei nyár viharjelző adatai szerint egy-egy fényjelző átlagosan 5.200.000 (ötmillió-kettőszázezer) fényfelvillanással működött a szezonban, amelynek során az első- és a másodfokú viharjelzések aránya kb. 65-35 % volt.

A főigazgató kiemelte: a katasztrófavédelem fontos feladata a veszélyhelyzetek kezelése, elhárítása, de a megelőző és a lakosság-tájékoztató tevékenység is ugyanolyan jelentőséggel bír. A balatoni régió három érintett (Somogy, Zala és Veszprém) megyei igazgatósága kezdeményezésére „Biztonságban a Balatonon” címmel lakosság-tájékoztató kiadvány készült, amelyet a jövő szezonra a BFT támogatásával két idegen nyelvre (német és angol) is lefordítanak. A BM OKF és a Balatoni Fejlesztési Tanács közötti megállapodás részeként javították a hírközlési lehetőségeket a karitatív mentőszolgálatoknál és a strandok üzemeltetőinél elhelyezett rádiók-

kal. A pénzügyi segítségnek köszönhetően négy mobil viharjelző készüléket is beszerettek, amelyeket a Vizirendészet és a Közbiztonsági Tanácsadó testület javaslatai alapján a következő szezonban telepítenek a veszélyeztetettnek ítélt strandokra. Minden bizonnyal ezek a berendezések ott lesznek majd a nagyobb tömegeket vonzó versenyek színhelyén, így például a Balaton-átúszásnál is. Sorozatgyártásuk esetén a mobil készülékek közel 250 ezer forintba kerülnek majd, amelyeket érdemes lesz a helyi önkormányzatoknak is megvásárolni. Ugyancsak a BFT pénzügyi támogatásával valamennyi balatoni strandon piktogramok formájában tájékoztató táblákat is kihelyeztek, hogy tudatosítsák a viharjelzés és a vízben tartózkodás alapvető szabályait.

Dr. Hatala József r. vezérőrnagy, az ORFK közbiztonsági főigazgatója beszámolójában kiemelte: a korrekt és pontos meteorológiai előrejelzésnek és az ez alapján elrendelt viharjelzésnek a hirtelen megváltozó időjárási körülmények miatt kialakult veszélyhelyzeteknél volt nagy jelentősége. Az előrejelzések alapján az illetékes vizirendészeti szervek a szükséges intézkedéseket minden esetben megtették, így jelentős számú tragédiát tudtak megelőzni.

A főigazgató többek között elmondta: a 2002. évi szezonban 18-an fulladtak a Balatonba. Az idén ez a szám a felére csökkent. Elsőfokú viharjelzésnél egy, másodfokú viharjelzés időszakában három, szélcsendes időben öt fő lelte halálát a tóban. Öröndetes tény, hogy gyermek-, illetve fiatalok személy nem fulladt vízbe. Az elhunytak mind férfiak voltak, akik közül hat fő magyar, két fő német és egy pedig osztrák állampolgár volt.

A veszélyhelyzetek megelőzésével, valamint a fürdőrendészeti és hajózási szabálysértések megszüntetésével a Készenléti Rendőrség Légirendészeti Parancsnoksága ál-

tal július 1. és augusztus 31. között Balatonkilitre vezényelt helikopter-szolgálat nagymértékben segítette a vizirendészeti feladatok végrehajtását. A Balatoni Vizirendészeti Rendőrkapitányság eredményesen segítette a nagy tömegeket vonzó, és a média számára is jelentős – Balaton-átúszás, Triatlon, Öböl-átúszás – rendezvényeket, amelyek előkészítését és lebonyolítását az OMSZ időjárás előrejelzése is hatékonyan segítették.

Dr. Mersich Iván az OMSZ elnöke egyebek között elmondta, hogy a balatoni viharjelzések eredményessége változatlan, harmadik éve 90 % körüli a beválás. A nemzetközi tapasztalatok szerint ma az előrejelzések beválásának 2-3 %-os javítása csak jelentős költségnöveléssel, akár a mostani duplájára emelésével valósítható meg. Nagy jelentőséget tulajdonított a legutóbbi kutatófejlesztő munkának, amely a viharjelzések meteorológiai kiszolgálását támogató nowcasting rendszer operatív gyakorlatba való bevezetéséhez köthető.

Végül közreadjuk a sajtótájékoztatóra összeállított közös sajtóközleményt.

Az idei évben is életeket mentett a balatoni és velencei-tavi vihar-előrejelzés, viharjelzés

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Közép-dunántúli Regionális Központjának Siófoki Viharjelző Observatóriuma és a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) fény, és rádióvezérléssel működő Viharjelző Rendszere szeptember 30-án befejezte idényjellegű (május 1. – szeptember 30.) vihar-előrejelző-viharjelző szolgáltatását a Balatonon és a Velencei-tavon.

Sajnos a Balaton az idei szezonban is szedte áldozatait. Május 1-je

és szeptember 30-a között 9 személy fulladt a vízbe –50 %-kal kevesebb a 2002. év hasonló időszakához mérten. A viharjelzési szezonban a Vízürendészet 314 főt mentett ki a Balatonból. A Balatoni Vízürendészeti Rendőrkapitányság tájékoztatása szerint az idei szezonban sem volt olyan halálos kimenetelű vízi baleset, amely elmaradt, vagy kései viharjelzés következménye lett volna.

2003. évi nyár időjárása

A Balaton térségében a 2003. évi szezon időjárása a sokévi átlagnál lényegesen melegebb és szárazabb volt. A nyaralók öröme a napsütéses órák száma minden egyes hónapban a sokévi átlag felett alakult. Különösen a május, június és a szeptember volt napsütésben gazdag, amikor a napsütéses órák száma 25-40 % -kal is felülmúlta a sokévi átlagot. A balatoni nyár legforróbb négy napja június 11., 13., július 22., és augusztus 13-a volt, amikor a levegő hőmérséklete elérte, vagy meghaladta a 35 Celsius fokot. A szokásostól eltérően augusztus 20-a után, augusztus 30-ig kisebb megszakításokkal tovább tartott a kánikula. Szeptemberben a hosszúra nyúlt „Indián nyár” okozott örömet a Balaton szerelmeinek.

A nyár első hónapjában, júniusban megdőlt az elmúlt ötven év balatoni vízhőmérsékleti rekordja, ekkor 30,8 fokra melegedett a tó vize. Ehhez nem csak a sok napsütés, hanem a sekély víz is hozzájárult.

A májustól szeptemberig terjedő időszakban a tó térségében lehullott csapadék mennyisége az utóbbi 30 év átlagának csupán 65-75%-át érte el. Ezen belül a május és a június volt igen száraz. Júniusban például Siófokon egész hónapban mindössze 8,3 mm csapadék hullott. Az idei szezonban augusztusban mértek a sokéves átlagot kevéssel meghaladó mennyiségű csapadékot.

A szezon időjárása átlagosan szeles volt. 90 km/ó-t elérő, vagy meghaladó szélsébséget három napon regisztrált a Balaton partján üzemelő 10 automata mérőműszer valamelyike. Május 28-án Balatonmárfiafürdőn 101 km/ó, július 17-én Balatonöszödön 99 km/ó, augusztus 14-én Fonyódon 105 km/ó volt a szélsébség maximuma. Mindhárom esetben a Balaton más területein is volt viharos erősségű szél. Összességében a május és a július kedvezett legjobban a vitorlázóknak és szörfözőknek. Ekkor rendre 18 és 23 olyan nap volt, amikor legalább egy időszakban a Balaton valamely területén a szél- lökések erőssége elérte, vagy meghaladta a 40 km/óra sebességet, míg ugyanezekben a hónapokban 12 és 17 napon 55 km/óra sebesség fölé is erősödött a szél.

Az idei évben kiadott viharjelzések statisztikája

A Balatonra kiadott jelzések száma (db) a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében											
Riasztási fokozat	V		VI		VII		VIII		IX		Szezon
	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY K
I. fok	15	13	17	17	17	16	21	17	8	7	78 70
II. fok	11	10	15	12	18	19	11	10	7	5	62 56
A jelzések fenntartási ideje (óra) a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében											
I. fok	145	155	156	198	227	224	103	131	179	163	810 870
II. fok	164	150	82	71	148	171	71	62	88	70	561 524

Öt hónap alatt a szélveszélyes órák száma az egész Balatonon az I. fokú viharjelzésnél 870 órát, a II. fokú viharjelzésnél 561 órát tett ki. A II. fokú viharjelzés érvényességi ideje a teljes (éjjel-nappali) időszak 15 százalékára terjedt ki. A Balatonra kiadott riasztások összeváltása 90 százalékos volt.

A vihar-előrejelzésről és viharjelzésről szóló tömegtájékoztatás

Az időjárási tájékoztatások és előrejelzések az országos, ill. helyi hatáskörű rádió és televízió állomások, valamint Internet (www.met.hu)

szolgáltatás közvetítésével kerültek a nyilvánosságra. A viharjelzések tó-parti megjelenítését a Balaton körül 25, a Velencei-tavon 2 fényjelző lámpaegység végezte, 2003-tól megnövelt fényfelvillanásokkal, éjszakánként negyven százalékkal csökkentett fényerővel. Az OMSZ vihar-előrejelző szolgálata a Balatoni Vízürendészeti Rendőrkapitányságnak, a BM OKF Fődiszpécserének és a Rádiós Segélyhívó Infokommunikációs Országos Egyesület (www.rsos.hu) valamint a Vízümentők Balatoni Szakszolgálata által működtetett Zánka központú vízümentő bázisnak rendszeres meteorológiai tájékoztatást adott a vízi balesetek megelőzése érdekében. Élővonalas telefonszolgáltatás állt az üdülők és a vízi sportokat kedvelők közvetlen tájékoztatására a (90) 490-015-ös telefonszámon, amely a viharjelzésen kívüli időszakban is, egész évben hívható. Az OMSZ

egyedi megrendelés esetén vállalta a Balatoni Hajózási Részvénytársaság hét balatoni vitorlaskikötőjének, a tavakon folyó vitorlás- és szörfversenyeknek, a Balatont és a Velencei-tavat átúszó rendezvényeknek, valamint idegenforgalmi és kereskedelmi vállalkozásoknak, tó térségi szabadidős programokat szervező irodáknak, és magánszemélyeknek a meteorológiai kiszolgálását is.

Bartha Imre

* * *

RENDKÍVÜL KORAI HÓTAKARÓ MAGYARORSZÁGON

Bevezetés

Idén októberben nem mindennapi eseményt tapasztalhattunk. 23-án estétől az ország jelentős részén az esőt havazás váltotta fel és 24-én reggelre többfelé összefüggő hótakaró alakult ki, melynek vastagsága a Sopron környéki hegyekben a 30 cm-t is meghaladta. Az ekkor még lombos fákat helyenként vastagon belepte a hó, amelynek súlyát letört ágak, kidőlt fák jelezték. Az észlelők beszámolóiban a saját élményeiket olvashatjuk. Ebben a cikkben részletesen áttekintjük a havazás kialakulásának időjárási körülményeit és megvizsgáljuk, hogy mennyire tekinthető extrém jelenségnek hórétg kialakulása októberben hazánkban.

Szinoptikus helyzet

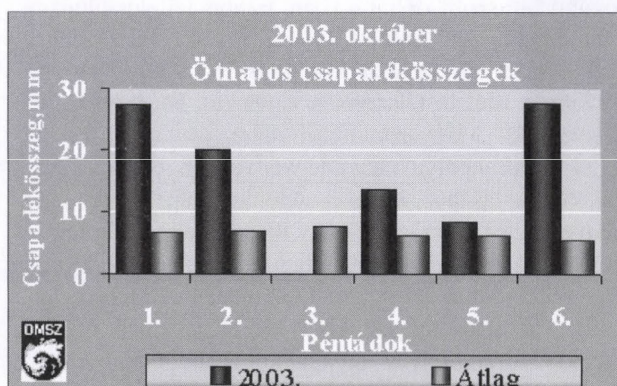
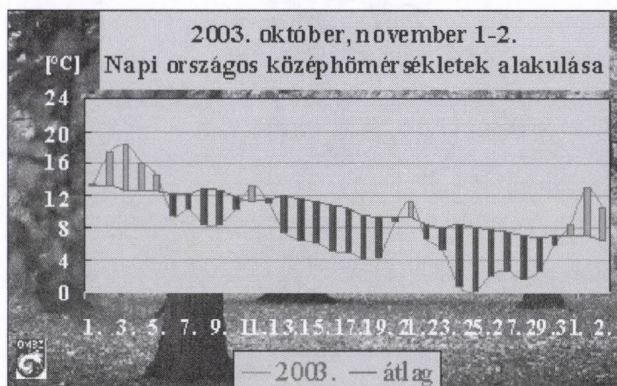
Elsőként érdemes a teljes október hónap időjárását jellemeznünk. A napi középhőmérséklet és a pentádonkénti csapadékösszeg országos átlagát az 1. ábrán láthatjuk. 2003. októbere igen meleg idővel indult, helyenként 25, 27 °C-ot is mértek. Nyugat-európai ciklonok előoldalán hazánkban dél-délnyugati volt a jellemző áramlás. A következőkben nyugat felől több frontrendszer is átvonult az ország felett, amelyek hatására kissé az átlagos alá csökkent a hőmérséklet és sok csapadék hullott. Sokfelé alakult ki zivatar, sőt még jégesőt is regisztráltak. Országszerte területi átlagban is igen jelentős csapadékot mértek.

Az enyhe, gyakran csapadékos idő október 13-ig tartott, amikor egy hidegfront átvonulását követően egy Fenno-Skandináv anticiklon épült ki, melynek peremén hidegebb, száraz levegő árasztotta el a Kárpát-medencét. Megjelentek az első fagyok is az országban, éjszakánként helyenként -5 °C alá süllyedt a hőmérő higanyszála. Az említett anticiklon fokozatosan Közép-Európa

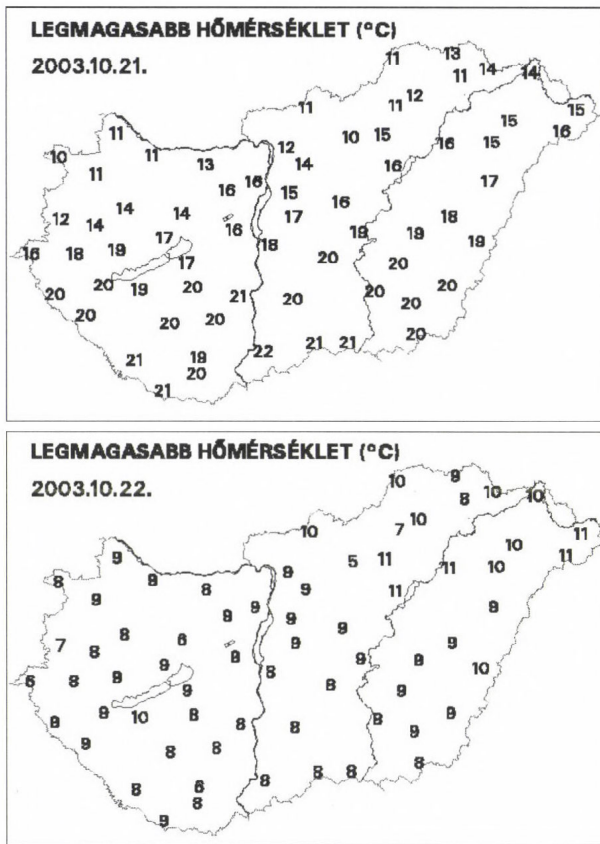
főlé helyeződött át. Ebben az időszakban csapadék alig fordult elő, 16-án azonban az Északi-középhegységben kialakultak az évad első hózáporai, amelyekből a magasabban fekvő területeken összefüggő hótakaró még nem jött létre, de foltokban már megmaradt a hó. Grönland térségében már ekkor megfigyelhető volt egy fokozatosan erősödő és dél felé terjeszkedő anticiklon, amelynek területén hideg levegő kezdett felhalmozódni.

Közép-Európában 20-tól azonban jelentősen átalakult a makroszinoptikus helyzet. A megelőző egy héten az időjárást alakító anticiklon legyengült, kelet felé helyeződött át, és egyúttal utat engedett a nyugat-délnyugat felől közeledő ciklonoknak. A Kárpát-medencén keresztül vezető, DNY-ÉK irányú, igen erős átviteli sáv jött létre, amely mentén egymást követték az északkelet felé áthelyeződő, térségünkben is jelentős csapadékot adó mediterrán ciklonok. Az említett átviteli sávba észak felől az Észak-Európa felett elhelyezkedő anticiklon peremén egyre hidegebb, délnyugat felől ugyanakkor egyre enyhébb levegő áramlott, azaz területén fokozatosan növekedett a hőmérsékleti gradiens, erősödött a frontálzóna. Magyarország eleinte az említett frontzóna déli oldalán helyezkedett el: 21-én az ország déli felén 20-21 °C-ot mértek. 22-re azonban átkerültünk a front északi oldalára, aminek következtében az ország legnagyobb részén egyetlen nap alatt 7-12 °C-ot (Baján 14 °C-ot) csökkent a levegő hőmérséklete (2. ábra).

A 3. ábrán a havazást okozó ciklon kialakulását követhetjük nyomon. Az ábrán látható első időpontban (október 22. 00 UTC) kerültünk át a frontzóna északi részére. Az Izlandtól a Skandináv-félszigetig húzódó anticiklon területén nagy mennyiségű hideg levegő halmozódott fel (a 850 hPa-os nyomási szinten -8, -12 °C-os), amely fokozatosan dél-délnyugat felé áramlott. Ugyancsak érdemes pillantást vetnünk a Brit-szigetek felett található alacsony nyomású területre, amely a következő napon



1. ábra. Napi középhőmérséklet és csapadékösszeg pentádonként országos átlagban a sokéves átlaghoz képest 2003. októberében

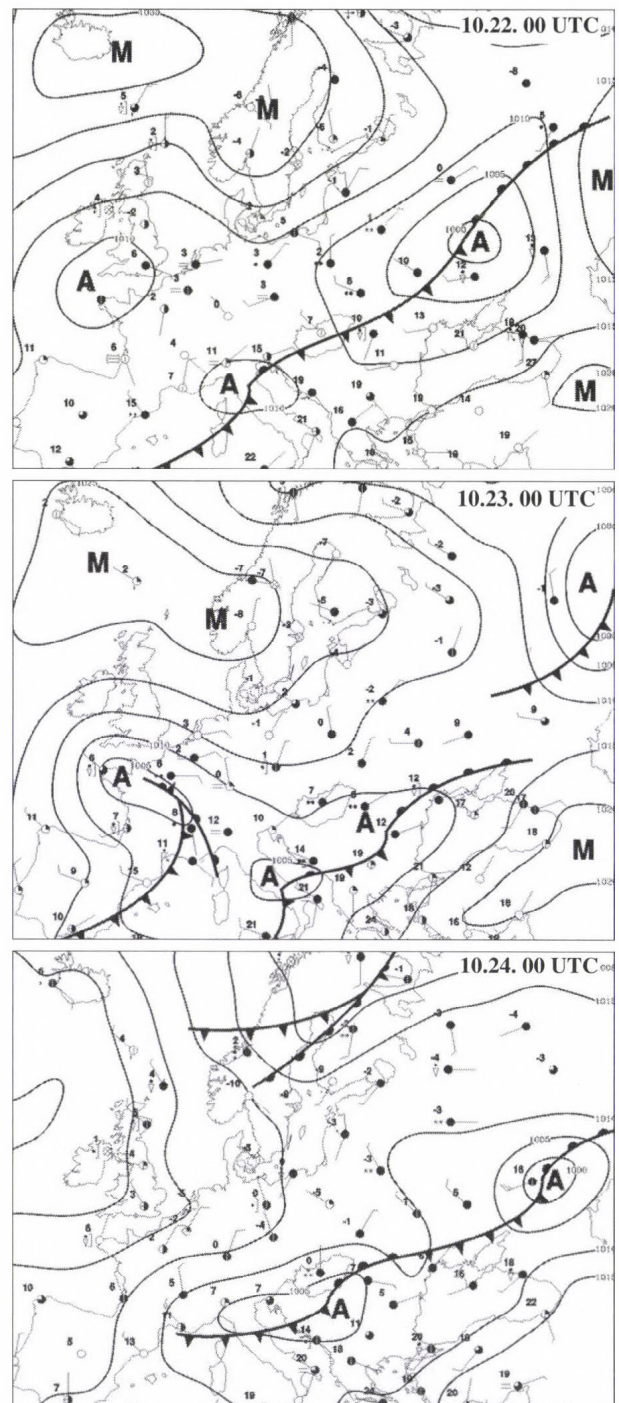


2. ábra. A maximum hőmérséklet eloszlása
2003. október 21-én és 22-én

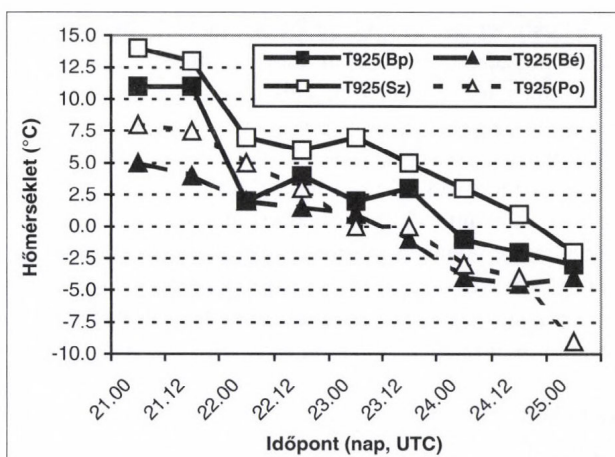
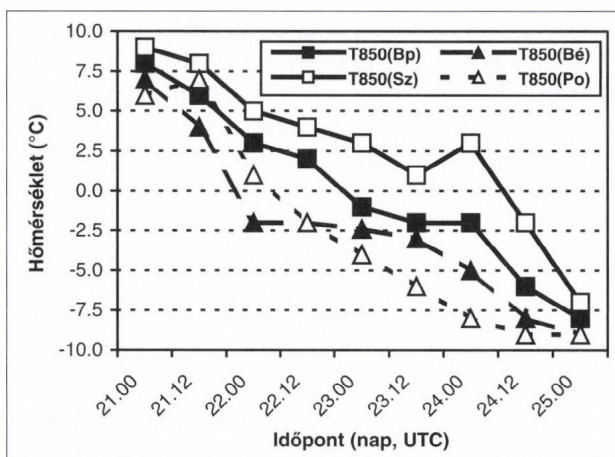
tovább mélyülve délkelet felé helyeződött át, és szinte „magával húzta” a tőle északra elhelyezkedő anticiklont, a területén felhalmozódott hideg levegővel együtt.

Október 23. 00 UTC-kor a Kárpát-medencétől északra nagy területen észak-északkeleti volt az áramlás a talajon (és az alsó 3000-4000 méteres légkörben), amellyel hideg levegő érkezett az alacsony szinteken is irányunkba. Ekkor már a közvetlen közelünkben helyezkedett el a fagyos levegő (a Kárpátok hegyvonulataitól északra 850 hPa-on -4, -9 °C-ot, 925 hPa-on pedig -2, -6 °C-ot mértek), amely 23-án napközben tovább „araszolt” déli irányban. Ezután felgyorsultak az események. Az említett ciklon Észak-Olaszországot elérve kelet felé vette az irányt, és 23-ról 24-re virradó éjszaka a Balkán-félszigeten keresztül, középpontjával közvetlenül Magyarországtól délre vonult el. Ez az áthelyeződési pálya télen a legkedvezőbb jelentős havazás kialakulásához, mivel a ciklonhoz kapcsolódó nagy nedvességtartalmú levegő úgy halad át az ország felett, hogy a ciklon melegszeletében található enyhe levegő nagyrészt tőlünk délre marad (az ország déli felét érintheti). Az alacsony szinteken ekkor jellemző északi, északkeleti áramlással ugyanakkor a ciklon még a csapadéktevékenység idején hideg levegőt „szippant” a Kárpát-medencétől északra, északkeletre elhelyezkedő területekről. Mint ahogy a bemutatott térképek alapján

is látszik, jelen esetben is pontosan ez valósult meg. Az alacsonyszintű hideg levegő közvetlen beáramlását észak felől a Kárpátok hegyvonulata akadályozza. Észak felől két olyan hely van (a Dévényi-kapu északnyugaton és a Vereckei-hágó északkeleten), ahol lehetőség van a hideg levegő beszivárgására a Kárpát-medencébe. A későbbiekben bemutatjuk, hogy ez a tényező a tárgyalt esetben is jelentős szerepet kapott.



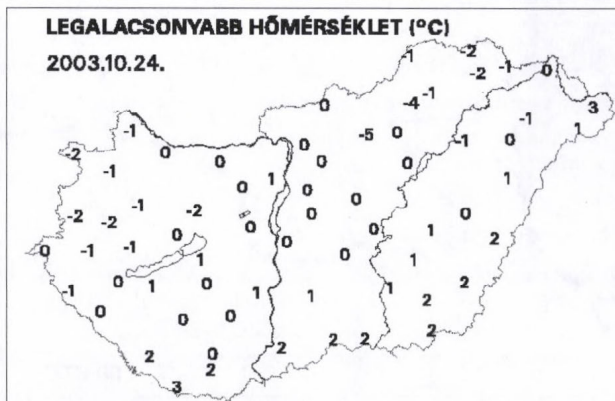
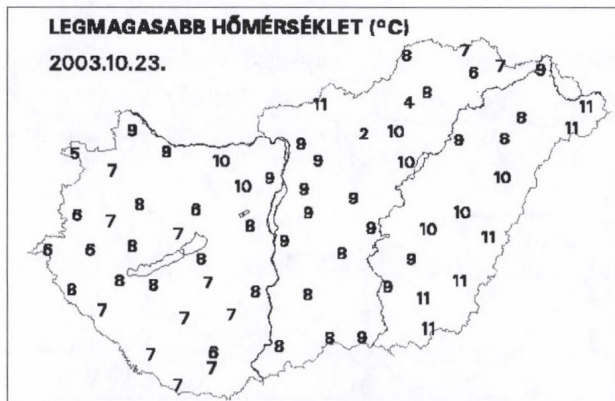
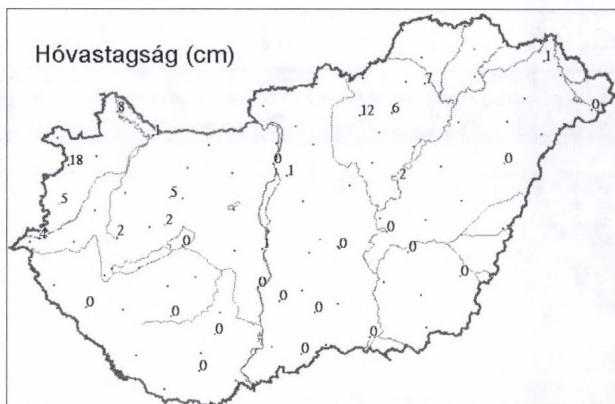
3. ábra. Az időjárási helyzet Európában 2003. október 22., 23. és 24. 00 UTC-kor (aktuális hőmérséklet, szignifikáns időjárás, szél, borultság, tengerszinti légnyomásmező és frontanalízis)



4. ábra. A 850 hPa-os (bal oldal) és a 925 hPa-os (jobb oldal) nyomási szint hőmérsékletének változása október 21. 00 UTC-től 25. 00 UTC-ig négy rádiószondás állomás (Budapest – Bp, Szeged – Sz, Bécs – Bé és Poprád – Po) mérései alapján

A 4. ábrán a hideg levegő beáramlását próbáltuk meg szemléltetni (Szeged esetén a 12 UTC-s hőmérsékletek becsült adatok). A kezdeti igen magas értékeket követően mind a négy állomás esetén fokozatos lehűlést tapasztalhatunk, ennek mértéke azonban eltérő. A legerősebb hőmérséklet csökkenés Poprád és Bécs esetén látható, mely állomásokon az alacsonyabban fekvő vizsgált szinten, azaz 925 hPa-on is (az adott esetben ez körülbelül 700 m-nek felelt meg) már október 23. 12 UTC-re a hőmérséklet fagypont alá csökkent. A két magyarországi állomá-

son ezen a szinten ugyanekkor még +3, +5 °C-ot mértek. Az alacsonyabb légrétegekben éjfélre Budapest körzetébe is megérkezett a hideg levegő (925 hPa-on –1 °C körül), ami Szeged esetén csupán másnap késő délutántól következett be. A Kárpátok „védő hatása” tehát világosan nyomon követhető az ábrán. Ugyancsak feltűnő, hogy Szegeden – a többi állomással szemben – a kérdéses éjjelen 850 hPa-on átmeneti melegedvekció zajlott, amely egyértelműen a Kárpát-medence déli területei fölött átvonuló, a havazást okozó mediterrán ciklonhoz köthető.



5. ábra. 24-órás csapadékösszeg (okt.23.06 UTC – 24.06 UTC), hóvastagság (okt.24.06 UTC), maximum hőmérséklet (okt.23.) és minimum hőmérséklet (okt.24.) eloszlása

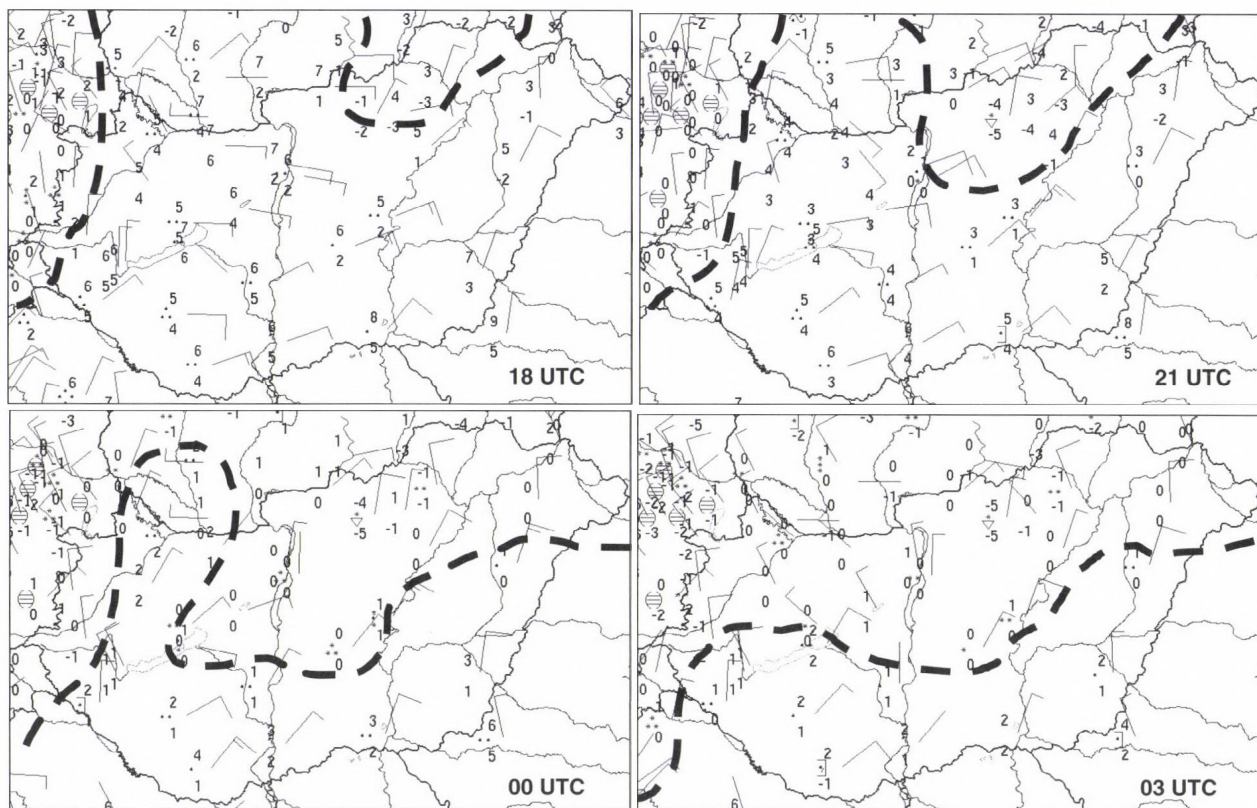
Az október 24. 06 UTC-ig 24 óra alatt lehullott csapadékmennyiséget az 5. ábra mutatja. Az ország legnagyobb részén 5–15 mm csapadék esett, sőt a Dunántúlon többfelé 20 mm-t meghaladó mennyiséget mértek, amelynek legnagyobb része 12 óra leforgása alatt, 23-án estétől hullott. 24-én reggelre az ország északi részén szinte mindenütt 1–7 cm-es hóréteg alakult ki. Az Északi-középhegység magasabban fekvő területein a 10 cm-t, Sopron környékén pedig helyenként *síkidéken* a 20 cm-t is meghaladta a hó vastagsága (ez utóbbi nem látható az ábrán, lásd a képet a címlapon és az észlelők beszámolóit). Az 5. ábrán a havazás kezdetének napján mért maximum hőmérsékletet is látható. A térkép szerint az ország legnagyobb részén 23-án még 7, 11 °C-ig melegedett fel a levegő, a nyugati határvidéken azonban csupán 5, 6 °C-ot mértek, tehát itt kisebb mértékű lehűlés volt szükséges a hótakaró kialakulásához. A következő napi minimum hőmérséklet eloszlására tekintve megállapítható, hogy az ország északnyugati és északkeleti részén síkidéken is fagypont alá süllyedt a hőmérséklet, míg másutt általában 0, +1, a déli, délkeleti határszélen +2, +3 fokot mértek.

A 6. ábra segítségével részletesen áttekinthetjük, hogy hogyan alakult ki az imént bemutatott, helyenként igen vastag hóréteg. 23-án délután nyugat-délnyugat felől egy csapadékhóza érte el a Dunántúlt, ekkor még mindenütt esőt jelentettek. A hőmérséklet fokozatosan csökkent. A szinoptikus állomások közül elsőként Szentgotthárd je-

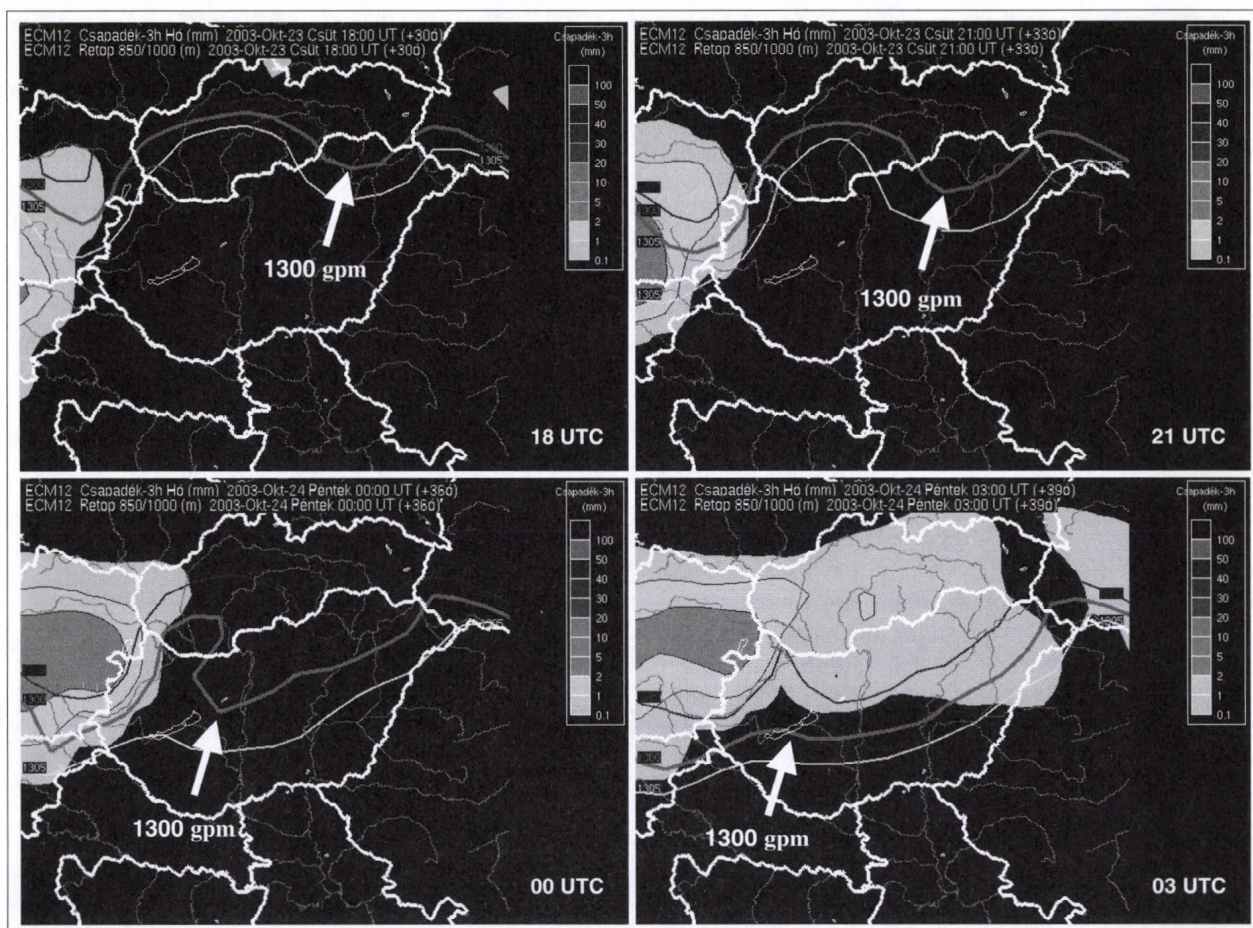
lentette, hogy az eső havazásba ment át 17 UTC-kor. 18 UTC-kor már Szombathelyen is havazott. A 18 UTC-s térképen érdekes dolgot láthatunk. Ebben az időpontban a Dunántúl nyugati részén északi, északnyugati szél volt jellemző, másutt északkeleti, a főváros környékén pedig keleti, délkeleti szél fújt. Ez egyrészt azt jelenti, hogy konvergencia jött létre a nyugati országrészben, másrészt viszont arra is utal, hogy a tőlünk északra elhelyezkedő alacsony szintű hideg levegő két irányból, északnyugat és északkelet felől áramlott be az országba.

3 órával később, 21 UTC-kor a nyugati eső-hó határvonal gyakorlatilag nem mozdult (nagyon csekély volt az alacsony szintű áramlás nyugati komponense), míg az északkeleti választóvonal épp ekkor érte el a fővárost (a pestlőrinci állomás már havas esőt jelentett). Az utóbbi határvonal gyors DNY-i irányú mozgása annak volt köszönhető, hogy ezeken a területeken a szél nagy keleti komponenssel rendelkezett. A 21 UTC-s térképen az is megfigyelhető, hogy Győr térségében DK-i volt az áramlás, amellyel oda továbbra is enyhe levegő érkezett, és ebből kifolyólag a Dunántúl ezen részén és a határos Szlovákiában továbbra is folyékony halmazállapotú csapadék hullott.

Ez a „meleg buborék” még 3 óra múltán, 00 UTC-kor is megfigyelhető volt, bár mérete jelentősen csökkent. Győr térségéből és környékéről továbbra is esőt jelentettek, miközben az ország középső részén a hideg le-



6. ábra. 2 méteres hőmérséklet (felső) és harmatpont (alsó), szél és jelenlegi idő (jelek) október 23. 18 és 21 valamint október 24. 00 és 03 UTC-kor. A szilárd és folyékony halmazállapotú csapadék határát a szaggatott vonal jelzi.



7. ábra. RT850/1000 hPa (1295, 1300 és 1305 gpm) és 3-órás hó formájában hulló csapadékmennyiség előrejelzés október 23. 18 és 21 UTC-re valamint október 24. 00 és 03 UTC-re az ECMWF modell szerint (+30, +33, +36 illetve +39 órás előrejelzések)

vegő határa már elérte Kecskemétet és Siófokot is. Az említett meleg terület végül 03 UTC-re számolódott fel teljes mértékben, amikor Győrből is már közepes intenzitású havazást jelentettek. A következő órákban a szilárd és folyékony halmazállapotú csapadék határa lassan tovább tolódott dél-délnyugatra felé, és a legdélebbi valamint a délkeleti országrész kivételével mindenütt előfordult havas eső, havazás. Annak ellenére, hogy – mint ahogy már a 4. ábrán is bemutatottuk – 24-én tovább folytatódott a hidegadvekció, napközben az ország középső részén, így Budapesten is, a havazást időnként ismét eső váltotta fel. Ennek az lehet a magyarázata, hogy az éjszakaihoz képest jelentősen gyengébb intenzitású volt, és kisebb területre terjedt ki a csapadék, így a legalsóbb rétegekben kevésbé tudta lehűteni a levegőt a csapadék párolgása és olvadása, illetve nappal a borult ég ellenére mindenképpen van valamennyi besugárzás, míg éjszaka erről nem beszélhetünk.

Modell előrejelzések

A 2003. októberi havazásos helyzet bemutatását egy modell előrejelzéssel zárjuk (7. ábra). Az ábra az

ECMWF modellnek az imént tárgyalt négy időpontra vonatkozó előrejelzéseit tartalmazza. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál az operatív előrejelzésben használatos egyik igen fontos numerikus időjárás előrejelző modell az ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts). Az ábrán a modell 2003. október 22. 12 UTC-s futtatásából származó mezőket láthatunk, melyek október 23-án reggel a szolgálatban lévő szinoptikus számára elérhetőek voltak. A bemutatott paraméterek egyrészt a 3-órás hócsapadék mennyisége mm-ben (ekvivalens vízmennyiség) és az RT850/1000hPa, azaz az 1000 hPa-os és a 850 hPa-os nyomási szint magasságának különbsége gpm-ben. Az utóbbi az alsó 150 hPa-os réteg vastagságát jelenti, amely az említett réteg átlaghőmérsékletének a függvénye (minél kisebb a réteg átlaghőmérséklete, annál vékonyabb).

Kutatások szerint (Hirsch, 2000) ez a paraméter nagyon jól felhasználható prediktorként a csapadék halmazállapotának (szilárd vagy folyékony) becslésére. 1300 gpm az a küszöbérték, amely esetén egyaránt 50-50% a hó és az eső valószínűsége. Ezen érték felett folyékony, alatta pedig szilárd csapadék a valószínűbb. A

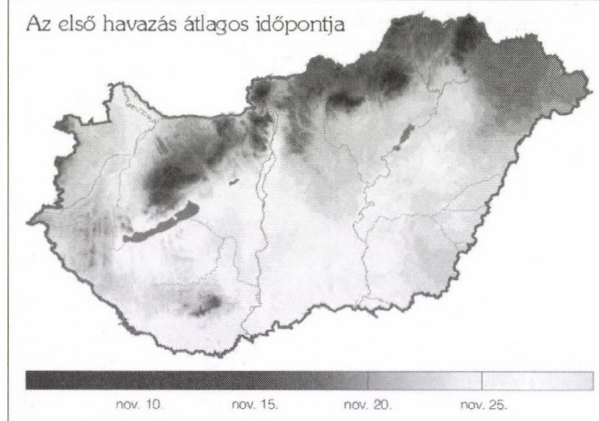
7. ábra alapján elmondható, hogy a hó és az eső határát leginkább leíró (nyíllal jelölt) 1300 gpm-es izovonal az ECMWF modell előrejelzése szerint 18 UTC-től kezdődően két irányból, ÉK és ÉNY felől lépett be az ország területére, és amíg az északnyugati része csak nagyon lassan „araszolt beljebb”, addig az északkeleti szakasz 00 UTC-re már a Velencei-tavat is elhagyta. Győr térségében ebben az időpontban felfedezhető a korábban már említett meleg terület, amelyet a 6. ábra erre az időpontra vonatkozó – a ténylegesen megfigyelt hó-eső határvonalat leíró – térképével összehasonlítva megdöbbenő hasonlóságot tapasztalhatunk. A valósággal megegyező módon, a modell szerint is 03 UTC-re számolódott fel az említett terület, és alakult ki egy viszonylag szabályos, DNY-ÉK-i irányú választóvonal a szilárd és a folyékony halmazállapotú csapadék között.

Az ábrán nem látszik, hogy a modell 18 UTC-ig csak a nyugati országrészre, 00 UTC-ig már Budapest környékére is adott csapadékot, ezt azonban csupán a nyugati határszélre hó formájában (az utóbbi már látható az ábrán). Ugyanakkor a modell előbb bemutatott RT850/1000-es paramétere szerint ebben az időpontban már a főváros környékén is hó volt valószínűbb, mint ahogy az a valóságban is történt. A relatív topográfia előrejelzése segítségével tehát a modell által számított csapadékfajtánál pontosabb előrejelzést lehetett készíteni a csapadék halmazállapotára vonatkozóan. Azt még meg kell jegyezni, hogy bár az RT850/1000hPa előrejelzett értékei a folyamatot kitűnően mutatták, de időben kicsit késnek a valósághoz képest, amely azonban 03 UTC-re teljesen megszűnt. Ezt a késést (a hó-eső választóvonal dél-délkelet felé helyeződésében) a modell által előrejelzett csapadék alábecslése okozhatta. Például 00 UTC-ig a modell – a ténylegestől eltérően – az Északi-középhegység területére még nem jelzett előre csapadékot és a dunántúli nagy csapadékintenzitást is alábecsülte. Ez viszont azt jelenti, hogy a csapadék párolgása és a hó olvadása következtében előálló hőmérséklet csökkenést sem vehette kellő mértékben figyelembe, ami magyarázza a fent említett késést.

Klimatológiai visszatekintés

A következőkben arra keressük a választ, hogy mennyire tekinthető extrémnek az előzőekben bemutatott, idén októberben előfordult eset. Az első havas (hóeséses) napra vonatkozó legkorábbi, megbízhatónak mondható adataink 1861-től, Budapestről állnak rendelkezésünkre, napi rendszerességgű hóadataink pedig ugyaninnen 1900-tól. Az ország hóviszonyait klimatológiai kutathatóság szempontjából megbízhatóan (megfelelő sűrűségű állomáshálózat, naponta, azonos módon végzett, megbízható megfigyelések és pontos mérések) leíró adataink viszont csak az 1929/30-as téltől vannak (Kéri, 1952).

Ezen adatok tükrében pusztán az a tény, hogy október végén – főként a magasabb hegyekben – havazik, nem nevezhető rendkívülinek, hiszen, bár Magyarországon az első havazás átlagos időpontja síkvidéken többnyire november második felére, a hegyekben pedig ennél 1-2 héttel korábbra esik (8. ábra), szeptember végén – október elején is – igaz, nem sűrűn – előfordult már kisebb havazás, havas eső. A lehullott hó azonban általában azonnal el is olvadt. Ennek tudatában az idei október 23-24-i síkvidéki havazás időpontja mindenképp korainak tekintendő, extrémnek azonban nem. Nem szabad viszont meglepedeznünk arról, hogy ez alkalommal síkvidéken hótakaró is képződött. Az 1. táblázatban tájegységenként összefoglaltuk az első hótakaró kialakulásának átlagos időpontját.



8. ábra. Az első havazás átlagos időpontja Magyarországon

A táblázat alapján látható, hogy a hegyvidéki területeken már november végén, míg síkvidéken csupán december folyamán számíthatunk az első hótakaró kialakulására a sokéves átlag szerint. Az is megfigyelhető ugyanakkor, hogy Sopron környékén szintén a november 20-24. körüli időszak az, amikor átlagosan megjelenik az első hótakaró. Következésképpen az idei októberi síkvidéki hótakaró az átlagoshoz képest 1 – 1,5 hónappal előbb jelentkezett és még a hegyvidékre jellemző időpontot is egy hónappal megelőzte!

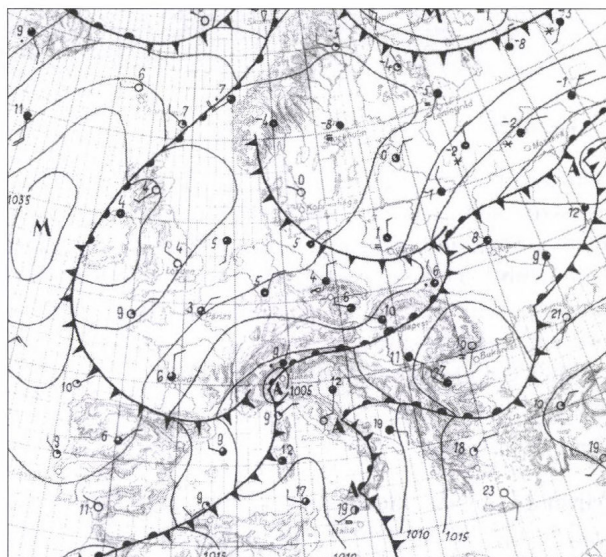
1. táblázat. Hótakaró kialakulásának átlagos időpontja

Hegyvidék	
Kékestető	november 11. körül
Pilisszentlászló	november 22. körül
Hárskút	november 22. körül
Jósvafő	november 24. körül
Kisalföld	
Átlagosan	december 3-8. között
Sopron és a környéke	november 20-24. körül
Dél-Dunántúl	december 10-15. között
Alföld	
Átlagosan	december 6-12. között
Alföld déli része	december 15. után

Álljon itt néhány példa korai havazásokra, amikor itt-ott számottevő hóréteg is kialakult. 1905. október végén hideg volt az időjárás, 22-én és 23-án havazott, és Vas megye egyes részein 5-8 cm-es hótakaró keletkezett. A hó három napig megmaradt. 1936-ban október 7-én havazott, ezt követően Farkasgyepű környékén 4 cm-es, Zirc térségében 7 cm-es, Budapesten a Svábhegyen 4 cm-es hótakaró alakult ki. A hó ezeken a területeken csak egy napig maradt meg, Kékestetőn azonban, ahol a hóréteg vastagsága akkor 10-15 cm volt, október közepére 27 cm-esre hízott. (Ebben az évben Pápán, a Svábhegyen, Zalaegerszegen, Lenti környékén, Misinatetőn, Kékesen és Nyíregyházán szeptember 29-én, illetve 30-án esett a hó, de csak a Kékesen maradt is meg.) 1946-ban sokfelé volt havazás október 24-én, de mérhető hóréteg (kb. 1 cm) csupán Budapesten, a Csillagvizsgáló környékén és a magasabb hegyekben alakult ki. Az 1930-1963-ig terjedő időszakban Sopronban október 26., Fügedőn, Nagykanizsán, Szombathelyen, Vésztőn október 28., Rudabányán, Salgótarjánban, Szentgotthárdon október 29., Debrecenben október 30. volt az első hótakarós nap dátuma (Péczy, 1966).

Most pedig nézzük néhány ezután bekövetkezett érdekes eset rövid szinoptikai elemzését. 1997. októberre feltűnően hasonlított az idei októberhez. A hónap melegen és csapadékosan kezdődött, majd 15-e tájékán lehűlés vette kezdetét, 16-17-én Kékestetőn hózáporok alakultak ki, melyekből ott a talajon hólepel is képződött. 25-től középpontjával a Brit-szigetek felett anticiklon alakult ki, melynek peremén egy dél felé vonuló kelet-európai ciklon 26-án és 27-én a Kárpát-medencében is szórványos havas esőt, havazást, hózáporokat okozott. 28-án reggelre az ország északkeleti csücskében síkvidéken is 1-5 cm vastag hótakarót mértek. Ezzel szinte pontosan megegyezett az 1991. október végi helyzet is, amikor 25-ére szintén északkeleten, de még kisebb területen alakult ki 1-2 cm-es hóréteg. Az ideizhez jobban hasonlított az 1966. októberi helyzet, amikor egy – már napok óta Európa középső területei felett elhelyezkedő, délnyugat-északkeleti tengelyű, a Kárpát-medencében is sokfelé esőt okozó – hullámzó frontrendszer az Észak-Európa felett megerősödő anticiklon fokozatosan délebbre „szorította” (9. ábra) és az anticiklon peremén észak-északkelet felől beáramló hideg levegő hatására az esőt október 29-én északnyugaton és a hegyvidéken havas eső, havazás váltotta fel. 30-án reggel a Kisalföldön 1-2 cm, a hegyekben néhol 5 cm körüli hótakaró alakult ki, mely 31-re síkvidéken (északnyugaton) 2-5 cm-re, az Északi-középhegység magasabb részein pedig 10-15 cm-re hízott. Sopronban ezen a napon 5 cm-t mértek, összehasonlításképp az idei októberi havazás idején ugyanitt 20-35 cm-es hótakaró alakult ki.

Érdemes külön is foglalkozni az idei októberi budapesti havazás és hótakaró jelentőségével. Budapesten október 23-án késő este ment át az eső havazásba, s más-



9. ábra. Időjárási helyzet 1966. október 29. 00 UTC-kor

nap reggel 7 órakor a pestszentlőrinci szinoptikus főállomáson 1 cm-es hótakarót mértek. Az állomás 1953 óta működik, azóta a legkorábbi első havas nap október 27-én volt (1997), a legkorábbi hótakarót pedig november 3-án észlelték (1980). Tehát az idei hó **mindkét rekordot** megdöntötte! 1861-től 1898-ig három alkalommal jegyezték fel októberi első hóesést Budapesten, a legkorábbit 1879. október 16-án (Az időjárás, 1899). A fővárosban 1900 és 1929 között a legkorábbi hótakaró november 7-én fordult elő 1912-ben (Fábiánics, 1940), 1930 és 1963 között pedig november 6-án. Az OMSZ (korábban Meteorológiai Intézet) budapesti síkvidéki mérőállomásain összefüggő hóréteg októberben az idei esetig sosem tudott kialakulni (a Kitaibel Pál utcai mérőállomáson pedig még az idei október 23-ról 24-re virradó rendkívüli éjszakán sem).

A hosszú adatsorok és a régi meteorológiai évkönyvek tanulmányozása után bátran állíthatjuk, hogy az idei október 23-24-i havazás és nyomában a helyenként 10-20 cm-t is meghaladó vastagságú síkvidéki hótakaró valóban **példa nélküli** volt.

Hirsch Tamás, dr. Kalmár Elena,
Babolcsai György

Irodalom

- Az időjárás, 1899. január: Apró közlemények, „Az első hó Budapesten”
Fábiánics F., 1940: Budapesti havazások (1900/01-1939/40), Az időjárás, 1940. július-augusztus
Hirsch T., 2000: Synoptic-climatological investigation of weather systems causing heavy precipitation in winter in Hungary. Időjárás, Vol 104, No.3. pp: 173-196.
Kéri M., 1952: Magyarország hóviszonyai 1929/30-1943/44, 1952, az OMI Hivatalos Kiadványa
Péczy Gy., 1966: A hótakaró gyakorisága Magyarországon, az OMI Hivatalos Kiadványa

TÉL AZ ŐSZBEN

Bevezetés

Amikor október 23-án elindultam Sopronból Győrbe az esti szolgálatra, az időjárás jelentés másnapra havat is ígért a Dunántúl nyugati részére. Gondoltam, leeshet legfeljebb 1-5 cm, több nemigen, hiszen még csak október vége van és a talaj is meleg ahhoz, hogy komolyabb hóréteg maradjon meg.

Mint az kiderült, alaposan melléfogtam.

Az események

Mivel aznap este, illetve éjjel Győrött voltam szolgálatban, az utazás alatt tapasztaltakat is leírom.

Soprontól Győrig végig borult volt az ég, az uralkodó felhőtípus Altostratus opacus, Altocumulus (AsAc). Csorna után gyengén eseggett az eső. Amikor Győrbe ért a vonat, épp hogy csepergett, majd este hét után erősödött az eső. A 18 UTC- s észleléstől már a „63”-as jelenidő dominált, ami folyamatos, közepes erősségű esőt jelent. Közben már 18.30 körül kaptam a jelzést Szentgotthárdról és Szombathelyről, hogy ott havazik, és a hőmérséklet +1 fok alatt van. A soproni MILOS adatokból már sejtettem, hogy az eső havazásra vált át ott is, mert ott 0,4 fok volt. Mint kiderült, ott 20.30- tól havazott. A lehullott csapadék a 18 UTC- s méréskor Győrött 0.8 mm volt. A csapadék hullás kitartott egész éjjel. Az AcAs fokozatosan Nimbostrátusszá transzformálódott már az este folyamán, ezzel együtt a látás is jelentősen leromlott 15-ről 2-3 km-re. A 00 UTC- s főterminuskor már érezhetően lehűlt a levegő, de ekkor még eső esett, majd az esőzés 02. 20- kor havas esővé, 03. 00-tól havazássá változott. Ekkor már csak 2,0, majd 1,1 fok volt. A látás tovább romlott, a Ns alapja is leereszkedett 500-600 m-ig, ahogyan erősödött a havazás. A hó, amint leesett, rögtön el is olvadt, de hajnalban már lepel borította a talajt, a 06 UTC-s méréskor pedig 1 cm vastagságú hóréteg alakult ki. A hőmérséklet ekkor 0.1 C° volt, tehát még mindig melegebb, mint a Sopron-Szentgotthárd vonalban, ill. attól nyugatra. A havazás 10.15-ig tartott, de már a 12 UTC-s főterminuskor csak foltokban volt hó.

Hazafelé Fertőszentmiklósig simán ment minden, aztán Fertőszentmiklós állomáson másfél órát kellett várakozni, mert rádőlt egy fa a felsővezetékre és emiatt egy ideig nem közlekedtek a vonatok, majd később Diesel mozdonyok vontatták a szerelvényeket, jelentős késéssel. Győrtől Sopronig egyre vastagabb hóréteg takarta a tájat. A földeken és a fákon mind vastagabb hótakarót lehetett látni, és szaporodott a letört ágak száma is. Csorna után az addigi gyenge havazás megint intenzívebbé vált és csak Fertőszentmiklósnál kezdett gyengülni, majd 09.30 körül el is állt a hóesés. Külön

érdekeség, hogy gyenge hófúvás is volt, mivel élénk északias szél fújt.

Amikor nagy nehezen végre Sopronba értem, nem hittem a szememnek. Bár már délelőtt volt és olvadt a hó, még mindig vastag hótakaró borította a parkokat és a fák ágait. Már amelyik bírta a nehéz, vizes hó terhét. A közutak latyakosak, hókásasak voltak, mert addigra még nem takarították el mindenütt a havat.

Az esti észlelés beillett egy akadályversenynek is a botanikus kertben. Kidőlt fák, letört faágak között, illetve alatt kellett utat törni (1.kép a borító belső oldalán). Főleg a lombos fák és bokrok szenvedtek súlyosabb károkat. Az örökzöldek „csak” meghajoltak a vizes hó ropant súlya alatt. Azért valahogyan elértem az észlelő-kertet. Ott 18 cm volt a hóréteg, de a kert egyes részein 20-22 cm-t is elért (2.kép). Valószínű, hogy reggel 20 cm-nél vastagabb hóréteget mérhettem volna, de sajnos akkor még Győrött tartózkodtam. A hőmérséklet -1,5 fok, a csapadék 17,3 mm. Másnap reggel a minimum -6,9 C°, a radiációs minimum -9,5 C° volt. Természetesen estétől már nem olvadt a hó. Még 26.-án 5 cm-es összefüggő hóréteget lehetett mérni, aztán 30.-ig foltokban maradt meg a hó.

Egy kis összehasonlítás

Érdekesképpen itt van néhány adat annak bemutatására, mikor kezdett a különböző mérési helyeken havazni, illetve milyen vastag hóréteg alakult ki.

Állomás	Havazás kezdete	Max. hótakaró
Sopron-Muck /522 m/	16.30	35
Sopron-Fáber-rét	17.04	–
Sopron-Kertváros /255 m/	18.55	28
Szentgotthárd	18.20	11
Szombathely	18.50	7
Himod	21.50	11
Győr	03.00	1

Károk

A szokatlanul korán és nagy mennyiségben leesett hó még részben lombos fákat, cserjéket talált, így a lehulló hó jobban meg is maradt az ágakon, mintha csupasz ágakra esett volna, növelve a terhet, amit ki kellett volna bírnia a növényzetnek. Sopronban és környékén a fák sínylették meg legjobban a vizes, nehéz havat. Sok volt a letört ág, kettéhasadt fa, munkát adva a tűzoltóságnak. Az egyetem botanikus kertjében rengeteg letört ág és megrepedt fa okozott és még okoz is többletmunkát.

A mezőgazdasági munkákat is hátráltatta a korai tél, sok helyütt még nem vetették el az őszi búzát és ezen munkálatokat legalább egy hét késéssel lehetett folytatni. A közlekedésben is fennakadásokat okozott a havazás. A GYSEV vonalán Fertőszentmiklós-Sopron

között a villamos felsővezeték sérült meg, emiatt előfordult 120 perces késés is. Az autóbuszok a reggeli órákban 20 perces késéssel közlekedtek, de délelőtt már menetrend szerint indultak.

Roszik Róbert

* * *

Ahogy észlelőink látták...

Pétervári Tibor
(Szombathely):

Okt. 23. hajnali órákban változóan felhős égbolt, főterminuskor 1010.9 hPa légnyomás. Késő délelőtti óráktól lassú, de folyamatos nyomásesés, ami 1007 hPa-ig csökkent kora estére. Napi max. 6.2°C, ami délelőtt állt be még, utána lassan, folyamatosan csökkenő hőmérséklet és növekvő, vastagodó felhőzet, Szombathely viszonylatában nem túl jó 10-15 km körüli látástávolság a nappali órákban ez is a nap folyamán folyamatosan romló tendenciájú. A szél egész nap északias irányú mérsékelt, illetve fokozatosan élénkülő, de nem erős. A csapadék 16.47-kor esővel indult meg, ekkor 4.8°C volt a hőmérséklet. Ezután gyors lehűlés és látásromlás volt tapasztalható, vastagodó Nimbostratus felhőzettel, a táj kontúrjai szépen tűntek el, opálössé vált minden. 18.50-havaseső 19.05-ig, majd intenzív havazás főterminuskor +0.6 fokos hőmérséklet, ekkor 3.0 mm csapadékot mértem és már kásaszerű hólepel borította a földet. A hőmérséklet pár tized fokkal 0 fok fölé volt egészen 24-én 01 óráig, azután folyamatosan negatív tartományban, erős fagyott lerakódást okozva a tereptárgyakon, így a zúzmamérő műszer vezetőkei is. Nem csodálkozhatunk tehát a sok bejelentett káron, amit a fagyott, tapadó hó okozott az elektromos hálózaton, illetve az erdészeti kulturákban. A havazás véglegesen 09.15-kor áll el (24-én délelőtt). A csapadék összmenyisége Szombathelyen 16.6 mm volt. A 24-én a reggeli főterminuskor mért hóvastagság 4-7 cm. A zúzmamérő északi vezetőkérről 17.5 mm vizet olvastottam le ugyanekkor. A déli vezetőkről pedig 18.0 mm-t maximális lerakódásból. A hó nagyrésze „túlélte” a 24-i napot és másnap reggel meg is tette úgymond a magáét, 25-én a radiációs minimumhőmérséklet a hófelszínre kihelyezett hőmérőn -11.9 C fok !!! volt. Röviden ennyi, az egészre hosszú ideig emlékezni fogunk! A hó teljesen 26-án olvadt el.

Huszár József (Szentgotthárd-Farkasfa):

Október 23-án a megszokott módon kezdődött a nap. Hajnalban fagypontig hűlt a levegő, reggel köd képződött amelynek feloszlása után sokáig pára maradt. A hőmérséklet ennek hatására csak lassan emelkedett. A középmező szinten egyre vastagodó felhőzet is is közrejátszott abban hogy kora délutánra csak 5,5 fokig me-

legedett a levegő. A légnedvesség magasan maradt, 70% fölé. A reggeli NW szél később NE-re fordult de végig gyenge maradt. A légnyomás az előző nap dele óta lassan, folyamatosan csökkent, mélypontját 23-án éjjelkor érte el nem túl alacsonyan (1007,0 hPa). Amikor 15.45-kor eleredt az eső még semmi jele nem volt annak hogy a természet furcsa tréfára készül. Talán csak a Nimbostratus 1300 méteren lévő teljesen sima, homogén, nem sötét színű alapja utalt a későbbiekre. Aztán 18.20 kor átmenet nélkül elkezdett esni a hó. Hajnalig közepes intenzitással majd gyengébben délelőttig. Az esti terminuskor a vizes talajon 1 cm hóréteg volt, ami 02 órára 8, reggelre 12 cm-re vastagodott. Az éjszakai szolgálat elmondása szerint a nehéz hóteher a még részben lombos fák ágainak letörését, a gyengébbek törzsének puszkálódásvesszerű eltörését, megroppanását eredményezte. A lehajló ágak alagútszerűvé tették az erdei utakon közlekedő autósok útját, sőt az Őrség egyes helyein lehetetlenné vált órákon keresztül a továbbhaladás a kidőlt fák miatt. A villamos hálózat sérülései egy napos áramszünetet okoztak. Az összcsapadék 20,8 mm volt. A közeli Rábagyarmaton (Farkasfától 11 km-re NE irányban) jóval később kezdődött a havazás, előtte ott is eső volt. 19.50-től másnap 09.30-ig esett, de reggelre csak 4 cm-es hóréteg alakult ki, ami a következő napon el is olvadt. Az összcsapadék is kevesebb volt, csak 18,3 mm.

Szabó József
társadalmi észlelő (Mályi):

Miskolctól délre található Mályiban átmenet nélkül, havazással kezdődött a csapadékhullás, mely éjjel után 40 perccel indult, és folyamatosan erős intenzitással folytatódott egészen reggel 8 óráig, és a hidegfrontot jelző felhőzetszakadozás előtt 10h-ig további hószállingózás-hóesés volt. A havazás előestéjén a T még +6°C körül mozgott, éjjelre már lecsökkent 2°C-ra, a csapadék hullás megindulása „rögtön” fagypontra csökkentette a hőmérsékletet, a minimum (-0,2°C) hajnali 5:50-kor született, a legerősebb intenzitású havazás közben. A lehullott csapadék mennyisége reggel 7h-ra 8,0 mm volt, amire már „csak” további 0,2 mm esett (végig hóban), a vizes állagú nedves hó, a talaj még „meleg” mivolta ellenére 8-10 cm-es összefüggő hóréteget eredményezett (ez a szűk arasznyi hó gyönyörű szürrealisztikus látványt adott, hisz a fás-bokros lakóterületem még zöldes-sárga lombozatú növényei a rajta „csüngő” hóval gyönyörű kontrasztokat eredményeztek), mely csak a délelőtti folyamán kezdett el olvadni, a kisütő Nap segítségével. A +3,3°C-os Tmax ellenére estére még 50% felett volt a hóborítottság, ennek eredménye lett a másnap hajnali -7,4°C-os Tmin, melynél legutóbb 1997. októberében mértem kevesebbet. A „rekord-korai” havazás nyomai csak 26-án tűntek el, 25-én este még 30-40%-os volt a hóborítottság.

Polyánszky Zoltán,**V. meteorológus hallgató és Gédl Antal lelkes megfigyelő (Miskolc-Pereces):**

A havazás 24-én éjfél után +2 fokon kezdődött, amely másnap egészen 10 óráig tartott. A minimum hőmérséklet -0.2 – -0.3 fok volt, a hóréteg vastagsága 11-12 centiméter, amely 10 mm esővíznek felelt meg. Bánkúton délután 11 cm-es hóréteget mértünk, és 23 óra körül állt be a -8.6 fokos minimum hőmérséklet a hőmérőházban.

Csonka Tamás,**V. meteorológus hallgató (Tiszalök):**

2003. október 23-án napközben fokozatosan növekedett a Cirrostratus felhőzet, naplemente körül már elkezdett vastagodni, illetve megjelent az Altostratus. A hó szempontjából tehát a lehető legrosszabb időben, így a hőmérséklet 5 fok maradt miután lement a Nap. A

szél fokozatosan megélénkült pontosabban a mérsékelt alapot élénk lökések kísérték, iránya északi, északkeleti volt. Egy darabig még látszott a Hold és a fényesebb csillagok, majd tovább vastagodott a réteges felhőzet. A havazás 23:55-kor indult Tiszalökön +4 fokban, a hópilehek természetesen igen vizes „állagúak” voltak. Körülbelül egy-másfél óráig gyenge intenzitású volt a havazás (71), majd fokozatosan erősödött (73). A hőmérséklet hajnali 2:30 tájáig már +1,5 fokra csökkent. Reggelre (6 óra körül) a hótakaró vastagsága elérte a 3-4 cm-t, de mivel a hőmérséklet pozitív tartományban (+0,5...+1 fok) maradt gyorsan olvadt, de így is felejthetetlen élményt nyújtott a még többé-kevésbé lombkoronájukban pompázó fákon illetve bokrokon lévő hó látványa. 09:00 körül még „szállingózott”, de ekkor már +2 fok volt. Sajnos itt 24-én teljesen elolvadt a hó, mely megrézt embert és természetet korai érkezésével.

ÖRMÉNYI IMRE 1932–2003

Életének 71. évében váratlanul eltávozott közülünk Örményi Imre, a humán biometeorológia nemzetközi viszonylatban ismert művelője, a Magyar Meteorológiai Társaság Orvosmeteorológiai Szakosztályának évtizedeken át agilis titkára, majd elnöke. Különleges egyéniség volt, már kora középiskolás korában elkötelezte magát a hivatás mellett, majd nagy szorgalommal és akarással törekedett célkitűzéseinek az elérésére.

1956 szeptemberében, friss meteorológus diplomával a kezében áll be gyakornoknak az Országos Reuma- és Fürdőügyi Intézetbe Kérdő István neves belgyógyász mellé, aki az egyetemen az orvosmeteorológiai speciális kollégiumot vezette. Ez kezdetben sok odaadást és önzetlenséget igényelt, mert státusza csak mintegy két év múlva rendeződött.

Ezalatt megismerkedett az időjárás változására érzékeny kórosokkal és gyógymódokkal, ill. műtétekkel, az egyedi érzékenység fajtáival, feltételezett hatásmechanizmusai és reakcióival, majd előkészítették a rendszeres orvosmeteorológiai előrejelzések megindításának a feltételeit.

A 80-as évek végétől, miután az OMSZ vállalta, hogy a napi időjárási előrejelzéseket a biometeorológiai tényezők alakulásával is kiegészíti, Örményi Imre teljes idejét a kutatásoknak szentelhetette, amit nyugdíjba vonulását követően is töretlenül folytatott. Saját

mérések, ill. regisztrálók adatai alapján vizsgálta a szferiksz, a gamma és ultraibolya sugárzás biológiai hatásait, de foglalkozott egyebek között az infrahangok és a Hold fázisváltozásainak a következményeivel is.

1961-ben doktorált, 1986-ban nyerte el a kandidátusi fokozatot. 1959 óta tagja a Nemzetközi Biometeorológiai Társaságnak, 1990-ben a 13. szekció társelnöke. 1968 óta vezetőségi tagja a Brüsszelben székelő környezeti tényezők tanulmányozásával foglalkozó nemzetközi bizottságnak, majd 1981 óta annak első elnökhelyettese. Ugyancsak 1968 óta tagja az USA-beli ciklus kutatási szervezetnek, 1991-ben annak tanácsadó testületébe választották.

A Magyar Meteorológiai Társaság Orvosmeteorológiai Szakosztá-

lya mellett vezetőségi tagja volt a Magyar Balneológiai Társaságnak is. 1980-tól több mint tíz éven át a humán biometeorológia tárgyköréből speciális kollégiumot tartott az ELTE TTK Meteorológiai Tanszékén.

Dolgozatainak a száma kereken 100, ebből 44 idegen nyelven jelent meg. Viszonylag korai halála annyira váratlanul érte, hogy nem sokkal előtte egy nagyszabású könyv megírásába kezdett.

Emlékét megőrizzük.

Gajzágó László



FEJEZETEK A VÁROSKLIMATOLÓGIÁBÓL – 3. RÉSZ

A klímáparaméterek módosulásai (1)

1. Hőmérséklet

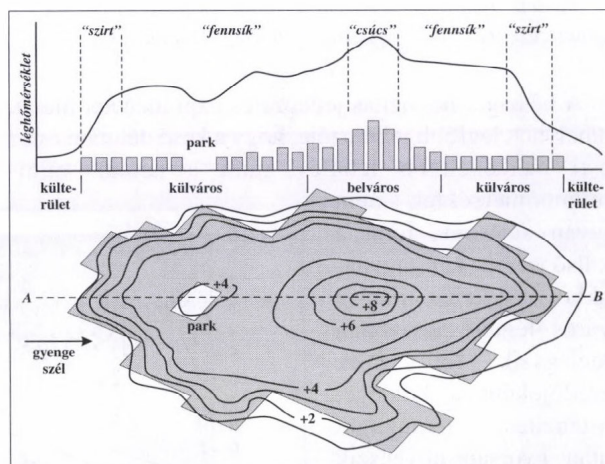
A városi és a természetes felszínnek eltérő energiaegyenlegének következtében általában hőmérsékleti többlet, ún. **városi hősziget** (*urban heat island* – UHI) alakul ki a város légtérében ill. a felszínén, valamint az alatta lévő rétegekben is néhány méteres mélységig. Ezek összefüggenek, de keletkezésük folyamataiban, időbeli dinamikájukban lényeges eltérések vannak. Itt most elsősorban a légtér magasabb hőmérsékletével foglalkozunk, amelyen belül a rétegzettségének megfelelően két hősziget (a városi tetőrétegben – UCL és a városi határrétegben – UBL) különböztethető meg. Ha külön nem jelezzük, akkor a megállapítások általában – a közvetlen levegőkörnyezetünkben lévő – UCL-ben kifejlődött hőszigetre vonatkoznak. Az 1. táblázat összefoglalja azokat a tényezőket és folyamatokat, amelyek a felmelegedéshez vezetnek az UCL-ben és az UBL-ben.

1. táblázat. A városi hősziget kialakulásának okai (nem fontossági sorrendben) a külterülethez viszonyítva az UCL és UBL-ben (Oke, 1982)

Változás az energiaegyenlegben	A változást okozó városi hatótényező és következménye
városi tetőréteg (UCL)	
1. megnövekszik a rövidhullámú sugárzás elnyelése	utcák geometriája – megnövekedett felszín és többszörös visszaverődés
2. megnövekszik a hosszuhullámú sugárzás az égbolt felől	légszennyezés – nagyobb elnyelés és visszasugárzás
3. csökken a hosszuhullámú sugárzás veszteség	utcák geometriája – csökken az égboltláthatóság
4. antropogén hőforrások	hővesztesség az épületekből és a közlekedés révén
5. megnövekszik az érzékelhető hőtárolás	építési anyagok – nagyobb termális vezetőképesség
6. csökken az evapotranspiráció	építési anyagok – nagyobb „vízát-nemeresztés” (beépítettség)
7. csökken a turbulens hőszállítás	utcák geometriája – kisebb szélesség
városi határréteg (UBL)	
1. megnövekszik a rövidhullámú sugárzás elnyelése	légszennyezés – nagyobb elnyelés az aeroszolok révén
2. antropogén hőforrások	kémények és tornyok hővesztései
3. megnövekszik az érzékelhető hőbevitel alulról	UCL hősziget – nagyobb hőáramlás a tetőréteg szintjéből

A városi hősziget horizontális területi szerkezetét az 1. ábra mutatja be, amely igen jól érzékelteti, hogy mennyire találó a „sziget” elnevezés. Az izotermák

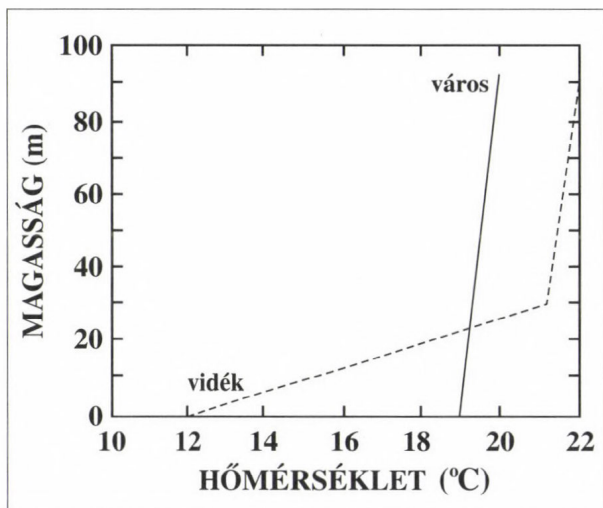
rendszere ugyanis egy „sziget” alakját rajzolja ki, amelyet a nálánál hűvösebb vidéki környezet „tenger” vesz körül. A külterületek felől a belváros felé haladva a külváros peremvidékén erőteljesen megemelkedik a hőmérséklet, itt a horizontális hőmérsékleti gradiens akár a $0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ értéket is meghaladhatja („szirt”). Ezt követően lassú, de viszonylag egyenletes az emelkedés („fennsík”), amelyet csak a közbeékelődő parkok, tavak, stb. eltérő energiaegyenlege módosít valamennyire. A sűrűn beépített belvárosban észlelhető a legmagasabb hőmérséklet („csúcs”). Az is megfigyelhető az ábrán, hogy gyenge szél hatására az izotermák kissé eltolódnak a légáramlás irányának megfelelően. Természetesen ilyen viszonylag szabályos alakzat csak olyan időjárási helyzetekben jön létre, amely kedvező a kisebb léptékű klimatikus folyamatok kialakulásához, általában csak rövid ideig áll fenn és változik is az idő múltával. A városi és külterületek szabad felszíne felett mért hőmérsékletek különbségével definiálható a hősziget intenzitása (ΔT).



1. ábra. A városi hőmérsékleti többlet (hősziget) vázlatos keresztmetszeti képe (AB mentén) és horizontális szerkezete ideális időjárási feltételek mellett (Unger és Süemeghy, 2002)

A horizontális méretek mellett a hőszigetnek van egy vertikális, a városi felszín fölé nyúló (UBL) kiterjedése is. Az intenzitásban kimutatható egy magassági függés, amely szerint a legnagyobb különbségek a város és a külterület között a felszín közelében jelentkeznek, majd a különbség a magassággal csökken. Általában a hősziget-jelenség néhányszor 10 m-től 2-300 m magasságig terjed ki. Jó kisugárzási feltételekkel rendelkező éjszakákon a város felett egy ideig szinte nem, vagy csak alig változik a hőmérséklet (a függőleges profil csaknem izotermikus), míg a környező területeken

erőteljes talajmenti sugárzási inverzió fejlődik ki, vagyis a hőmérséklet felfelé növekszik. Ennek következtében egy viszonylag vékony felszínközeli réteget elhagyva a levegő már melegebb a vidéki, mint a városi terület felett, így a felszíni és a feljebb lévő légrétegre jellemző hősziget ellenkező előjelűvé válik, kialakul az ún. **cross-over jelenség** (2. ábra).



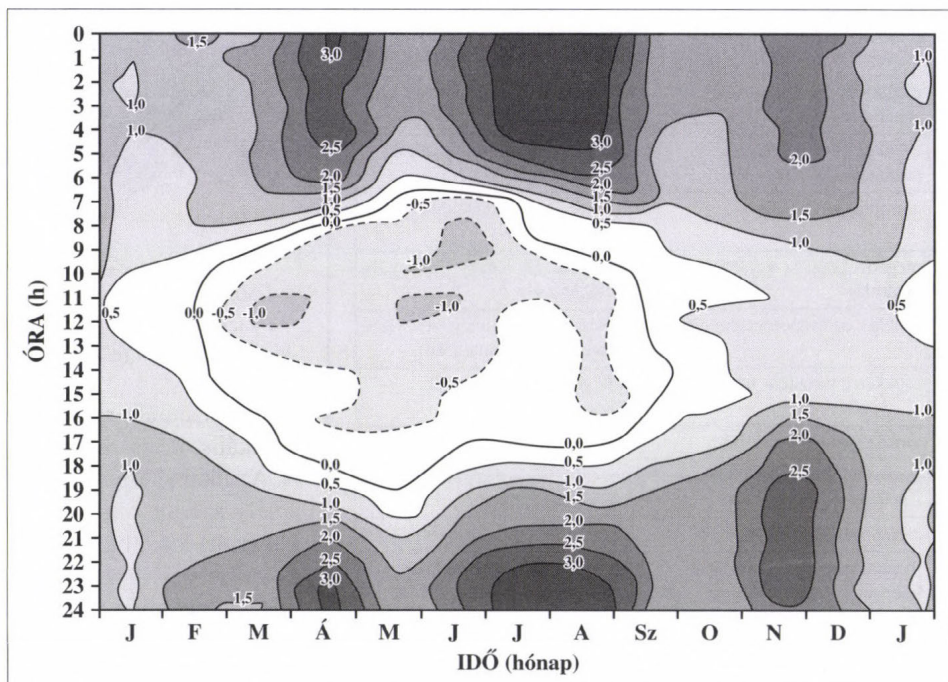
2. ábra. Az éjszakai függőleges hőmérsékleti profilok tipikus menete a város és a környező területek felett (a görbék metszésénél van a cross-over jelenség) (Landsberg, 1981)

A hősziget-intenzitás jellegzetes napi menetet mutat, amelynek legfőbb jellemzője, hogy a késő délutáni és az esti mérsékelt lehűlés miatt a hajnali minimumhőmérséklet nem olyan alacsony, mint a külső területeken, ugyanakkor napkelte után a város légtérsége lassabban melegszik fel. Ezek eredőjeként a hősziget intenzitása napnyugtát követően gyorsan növekszik és kb. 3-5 órával később éri el a maximumát. Az éjszaka hátralévő részében lassan, de egyenletesen csökken a különbség a hőmérsékletek között, majd a csökkenés napkeltekor felerősödik. Tehát a nap folyamán a hősziget intenzitásának mértékét a lehűlési és felmelegedési ütemek eltérései szabályozzák.

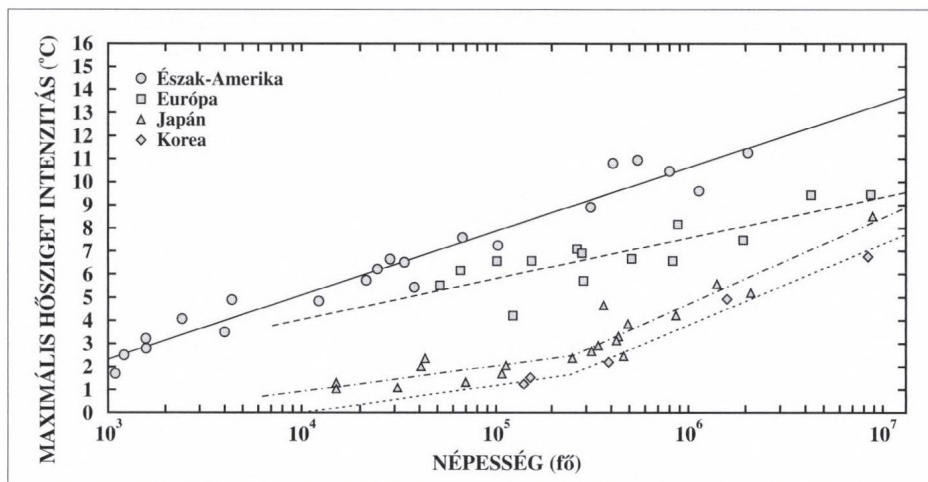
A hősziget intenzitásának napi- és éves me-

netét együttesen izopléták segítségével lehet igen szemléletesen bemutatni (3. ábra). A belvárosi és egy külterületi állomás óránként észlelt adatain alapuló vizsgálat szerint 7 és 18 óra között alig lép fel különbség, sőt néha negatív is lehet. A negatív értékek tavasszal és nyáron jelentkeznek, a legnagyobbak dél körül ($-1,2^{\circ}\text{C}$), míg ősszel és télen egész nap pozitív a különbség. A legerőteljesebb pozitív értékek éjszaka mutathatók ki (szintén nyáron), amelyek elérik a $3,5^{\circ}\text{C}$ -ot is, télen az intenzitás mérsékelt. Összességében az év folyamán kb. 80%-ban a különbség pozitív, vagyis az év nagy részében a város melegebb környezeténél.

A hősziget intenzitása szoros kapcsolatban áll a település méretével, melynek egyik lehetséges – de nem feltétlenül a legjobb – mérőszáma a lakosok száma (P). A 4. ábra szerint még az ezer fős településeken is kimutatható a hősziget és a milliós nagyvárosok esetén a lehetséges legnagyobb hőmérsékleti módosulás 12°C körül alakul. Látható bizonyos eltérés a görbék meredekségében az észak-amerikai és európai városok között, de külön érdekesek a japán és koreai városok a görbék törései miatt. Az eltérések oka valószínűleg az, hogy a világ különböző területein jelentősen mások a várostervezés, a városépítés elvei és hagyományai. Ezért a városok méretének a lélekszámmal történő jellemzése sok esetben nem kielégítő a tanulmányozott fizikai jelenség magyarázatára, ugyanis a hősziget intenzitásának szempontjából egyáltalán nem elhanyagolható, hogy szellősen elhelyezett, alacsony épületek vagy a tömör, magas beépítés dominál az adott településen.



3. ábra. A városi hősziget intenzitásának éves és napi változása (Bochum, Németország) (Busch und Kuttler, 1990)



4. ábra. A hősziget intenzitásának maximuma (T_{max}) és a lakosok száma közötti kapcsolat észak-amerikai, európai, japán és koreai településeken (Park, 1987)

A 2. táblázat további példákat szolgáltat a városok által kiváltott maximális hőmérsékleti többletre.

2. táblázat. A maximális hősziget-intenzitás értéke ($^{\circ}\text{C}$) néhány város példáján keresztül (Matzarakis, 2001)

Város	Vizsgált időszak	ΔT_{max}
Barcelona	1985. 10.–1987. 07.	8,2
Calgary	1978	8,1
Mexikóváros	1981	9,4
Montreal	1970. 02. 15. 22h	10,5
Moszkva	1990	9,8
München	1982–1984	8,2
New York	1964. 07.–1966. 12.	11,6
Szeged	1977. 07.–1981. 05.	8,2
Tokyo	1992. 03. 14. 3-5h	8,1
Vancouver	1972. 07. 04.	11,6

A hősziget kifejlődésének mértékét az időjárási tényezők (különösen a szél és a felhőzet) is jelentősen befolyásolják. Kialakulására kedvezőek a magasnyomású (anticiklonális) helyzetek, amikor általában derült az ég és közel szélcsend van. Az erős szél a hőszigetet nagymértékben gyengíti, sőt akár meg is szüntetheti. A nagyobb városok intenzívebb hőszigetet képesek generálni, ezért minél nagyobb lélekszámú a település, annál nagyobb erősségű szél szükséges a termikus különbségek kialakulásának megakadályozására. A kapcsolatot a kritikus szélsőbesség (v) és a lakosságszám (P) logaritmus között a következő képlet adja meg:

$$v = 3,41 \cdot \lg P - 11,6 \quad [\text{ms}^{-1}]$$

Az előzőekben tárgyaltak szerint felmerül, hogy a beépítettség szerkezete és a hősziget intenzitása között kell lennie valamilyen összefüggésnek. Ennek kapcsán – tulajdonképpen a városmag geometriai struktúrájára

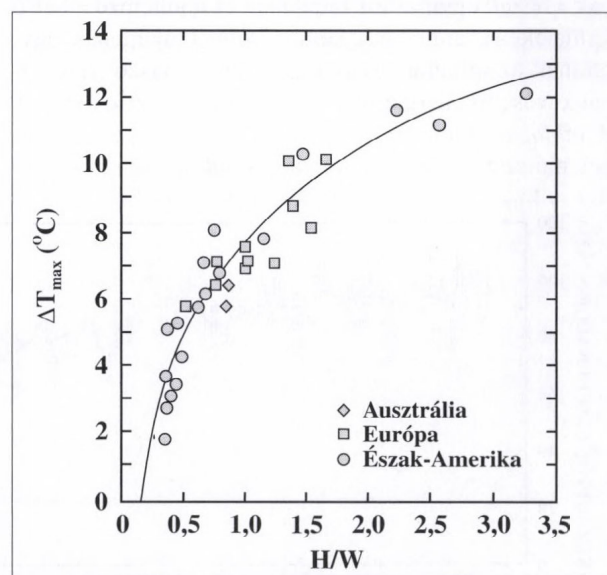
nak jellemzésére – érdekes megnézni, hogy hogyan viszonyulnak egymáshoz az utcáknak és az épületeknek a méretei. Minél magasabbak az utcában lévő házak, annál inkább akadályt jelentenek a hosszúhullámú kisugárzás számára, vagyis annál kisebb az utcákban a lehűlés üteme. Ezzel kapcsolatban bevezethető a H/W arány, ahol H az épületek átlagos magassága, W pedig az utcák átlagos szélessége. A vizsgálatok szerint így egy logaritmi-

kus kifejezés állítható fel a maximális intenzitású hősziget nagyságára:

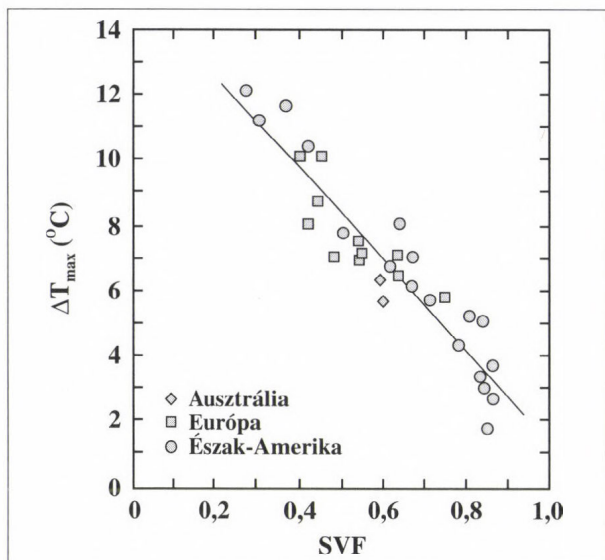
$$\Delta T_{max} = 7,54 + 3,97 \cdot \ln(H/W)$$

A két mennyiség közötti szoros kapcsolatot szemlélteti az 5. ábra, amelyen több kontinens városából származó adatok szerepelnek.

Másik, az előzőtől nem teljesen független beépítettség mutató az „égboltláthatósági” érték (*sky view factor* – SVF), amely megadja, hogy egy adott helyről az égbolt hányad része látszik. Nagyságának a hősziget maximális értékére való hatását a 6. ábra mutatja be, több városból nyert adatok alapján. Tehát ezen a módon is világosan megmutatkozik a szoros kapcsolat a zártabb beépítettség és a magasabb városi hőmérséklet között.

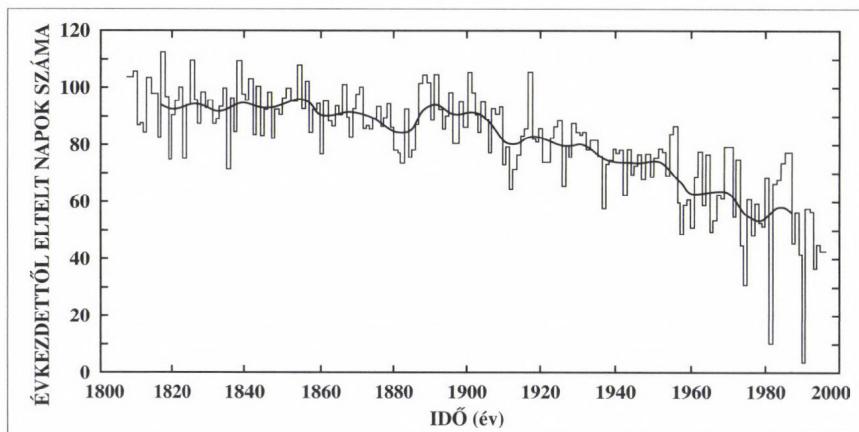


5. ábra. A hősziget intenzitásának maximuma (ΔT_{max}) és a városközpontban lévő utcák átlagos magassága/szélessége (H/W) közötti kapcsolat több kontinens településén (Oke, 1988)



6. ábra. A hősziget intenzitásának maximuma ($\Delta T_{\max}$) és a település központi részein mért SVF közötti kapcsolat néhány kontinensen (Oke, 1981)

A hősziget – mint klimatikus jelenség – jelentősen befolyásolja a légtér komfortértékét. Nyáron a város felmelegedése bioklimatológiai szempontból rendkívül kedvezőtlen (az alacsony és közepes szélességeken), télen viszont kifejezetten előnyös. Emellett a város melegebb volta miatt meghosszabbodik a fagymentes időszak és ezzel a növények vegetációs időszaka, eltolódnak a fenológiai fázisok (7. ábra), csökken a fagyok intenzitása, a fagyos és téli napok száma, megrövidül a hótakaróval borítottság ideje, valamint csökken az ún. fűtési napok száma, amely egyik mutatója a fűtésre felhasznált energia mennyiségének. Minél közelebb vannak a házak egymáshoz (általában ez a jellemző a belső területeken), annál nagyobb védelmet nyújtanak egymásnak az időjárás szélsőségei ellen és viszonylag annál kevesebb energia felhasználására van szükségük. A 3. táblázat különböző elrendezésű családi házak esetében mutatja be ezt a viszonylagos különbséget.



7. ábra. A vadgesztenye rügyfakadásának ideje Gießenben (a vastag vonal a 20 éves csúszóátlag menete) (Kuttler, 1998)

3. táblázat. Különböző elhelyezkedésű családi házak egymáshoz viszonyított fűtési energiaigénye

Házrendezési típusok	Viszonylagos fűtési energiaigény
Sűrű elhelyezkedésű városi sorház	1,0
Nyílt elhelyezkedésű városi sorház	1,3
Szabadon álló ikerház	1,5
Szabadon álló családi ház, közel a másikhoz	1,7
Szabadon álló családi ház	2,1

2. Épületek belső klímája, hőszabályozás

Az épületeket általában azért építik, hogy biztonságos és szabályozható légköri környezetet teremtsenek az emberek és a háziállatok számára. Az épületen belüli termális klímát meghatározó tényezők áttekintése két egymásra épülő kapcsolatrendszer vizsgálatát jelenti. A 8. ábra szerint ezek a kölcsönhatások egyrészt a külső klíma és az épület, másrészt az épület külső héja és a belső lakótér között lépnek fel.

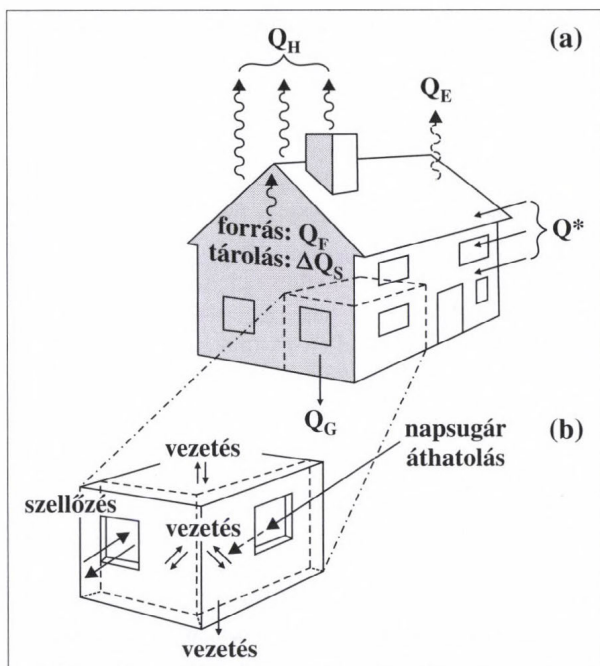
2.1. Az épület energiaegyenlege

A teljes épület + levegő rendszer energiaegyenlege (8. ábra) a következő:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + Q_G + \Delta Q_S$$

ahol Q^* – az épület külsejének teljes sugárzási mérlege, Q_F – a belső antropogén hőtermelés, Q_H , Q_E – az érzékelhető és látens hőcsere a külső levegővel, Q_G – a hőáramlás az épület és az alatta fekvő talaj között, valamint ΔQ_S – az építőanyagok és a bezárt levegő energiatárolási változása. Az egyenleg a teljes rendszerre vonatkozik, ahol az áramlások az épület-levegő rendszer külső felületére vonatkozó területi átlagok.

A direkt napsugárzás a ház körül nagyon egyenetlen a 3-dimenziós alak miatt. A keletre néző falaknál korán, nem sokkal a napfelkelte után következik be a közvetlen sugárzás maximuma, mert a sugarak ilyenkor közel merőlegesek a felületre. Dél körül (az északi félgömbön) a délre néző, majd délután a nyugatra néző falak a „kedvezményezett”. Az északi falak direkt sugárzást csak a nyári napforduló körül kapnak.



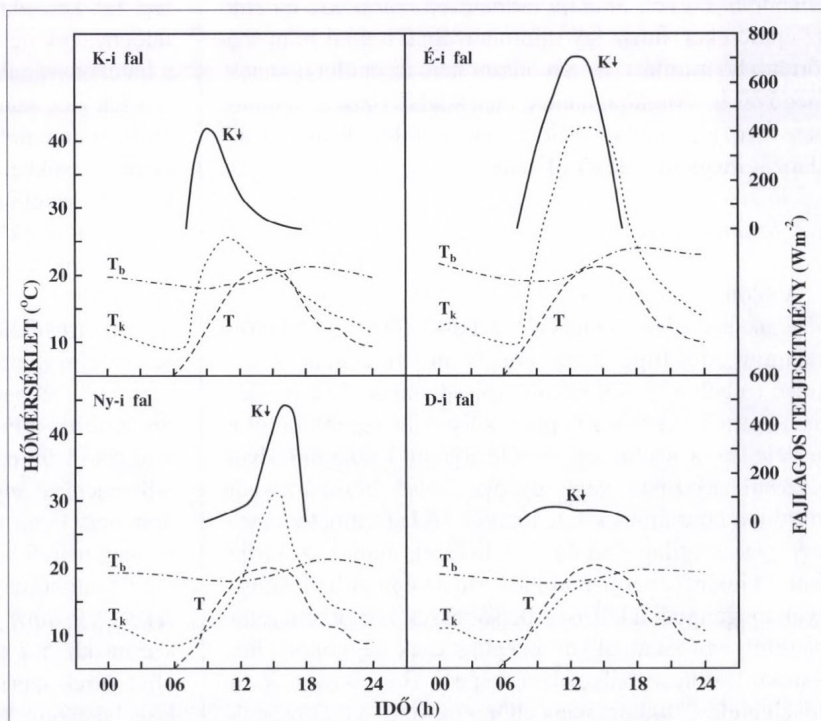
8. ábra. Az energiaegyenlegben szereplő áramlások vázlata (a) a teljes épület és (b) a benne lévő szoba viszonylatában (Oke, 1987 után)

A kitettség szerepét a beérkező rövidhullámú sugárzás ($K\downarrow$) napi menetében a 9. ábra szemlélteti, amelynek adatai egy szélcsendes, derült téli napra vonatkoznak (a déli féltekén). A déli fal csak szórt sugárzást kap, mivel egész nap árnyékban van. Szórt bevétele van a keleti és nyugati falaknak is akkor, amikor árnyékban vannak. A tetőkön a direkt sugárzás bevétele a lejtéstől és a kitettségtől függ. A trópusokon a nagy napmagasság miatt a tetőknek különösen nagy a szerepe ebből a szempontból. Az épület által elnyelt $K\downarrow$ nagysága a fedőanyagok albedójától és az átbocsátást megengedő ablakok felületétől is függ. Az épület rendszerint melegebb, mint a környezete, ezért a hosszuhullámú sugárzási mérlege (L^*) negatív. A nagy égboltláthatóság miatt a tető az éjszakai sugárzási veszteség legfontosabb színtere.

Az épület teljes sugárzási mérlegét (Q^*) nehéz megbecsülni a rövid- és hosszuhullámú cserefolyamatok területi és időbeli eloszlásának egyenlenségei miatt. Éjszaka a mérleg negatív, de nappal a sugárzási terhelés elég nagy lehet ahhoz, hogy összességében az épületnek energia-nyeresége legyen.

Az épület másik potenciális energiaforrása az antropogén hőtermelés (Q_F). Ez olyan hőmennyiség, amelyet vagy szándékosan engednek a rendszer belsejébe (fűtés), vagy más tevékenységek melléktermékeként keletkezik (főzés, világítás, elektromos eszközök, stb.), de ide tartozik az emberi és/vagy állati szervezetek hőtermelése is. Hideg klímaterületeken a fűtés szabályozása számos esetben hőszabályzóval (termosztáttal) történik annak biztosítására, hogy a belső hőmérséklet ne menjen egy bizonyos hőmérsékleti szint alá. A teljes fűtési szezon folyamán a belső komforthoz szükséges energiamennyiség nagyjából a külső hőmérséklettel arányos. Fordítva, meleg éghajlatú területeken a légkondicionálásra fordított energia szintén arányos a külső levegő hőmérsékletével.

Az épület külsejének konvektív szállítású érzékelhető hővesztesége (Q_H) a szélsebességtől, valamint az épület és a levegő közötti hőmérsékleti különbségtől függ. A szél erőssége szabályozza az épület körül mind a lamináris határreteg vastagságát, mind a turbulens áramlásokat. Enyhe szélnél a lamináris réteg kb. 10 mm vastag, amely – adott hőmérsékletkülönbségnél – kombinálódva a gyenge turbulenciával, viszonylag kicsi hőveszteséget eredményez. Szeles körülmények között a lamináris réteg 0,5 mm-nél is vékonyabbra megy össze, ezért szigetelő szerepe nagyrészt megszűnik. Ehhez jön még a környező levegő erősen turbulens volta, amelyet részben az épület okoz, így összességében ekkor a hőveszteség igen jelentős.



9. ábra. A beérkező rövidhullámú sugárzás ($K\downarrow$), a belső és a külső falfőhőmérséklet (T_b , T_k), valamint a léghőmérséklet (T) napi menete különböző kitettségű falak esetében ($25^\circ D$) (Oke, 1987)

Az épület külső felszínének hőmérsékleti átlaga rendszerint magasabb, mint a környező levegőé (9. ábra), ezért a hőszállítás csaknem mindig kifelé irányul. A hővesztesség egyrészt a falak és az ablakok hővezetése révén, másrészt a kéményeken, ajtókon, ablakokon és egyéb réseken keresztüli közvetlen hőszivárgás révén valósul meg. A hideg területeken a legsúlyosabb probléma a teljes légszigeteltség hiánya, ahol a réseken át történő veszteség az erősen szellőkéses időben a legnagyobb, amikor a külső és a belső légnyomás között ingadozások lépnek fel. A meleg területeken viszont előnyös a huzat, amely csökkenti a belső melegekterhelést.

Az épület párolgásos hűtése (Q_E) nem olyan hatékony, mint a Q_H , de eléggé jelentős lehet akkor, ha az épület nedves (eső vagy öntözés miatt), vagy növényzet borítja, esetleg a teteje el van árasztva vízzel. Egy folyamatosan nedves, növényzettel befuttatott kerítés is nagyon hatékonyan le tudja hűteni a levegőt, ha a ház szélfelőli oldalánál helyezkedik el egy egyébként száraz, széles éghajlatú területen. Az ilyen típusú hűtés jó működése természetesen a bőséges vízutánpótláson múlik.

A felszín alatti hőforgalom (Q_G) nagysága (8.a ábra) az épület és a talaj közötti kapcsolat mértékétől, az épület és a talaj termális sajátosságaitól, valamint a köztük lévő hőmérsékleti különbségtől függ. Ez a fajta hővesztesség hasznos vagy káros is lehet attól függően, hogy az épület hőterhelése pozitív vagy negatív. Pl. az állandóan fagyott altalajú területeken cölöpökre emelik az épületeket, hogy így minimalizálják a talaj irányába történő hőáramlást. Ez a módszer nem az épület hőjének megővását szolgálja, hanem megakadályozza az altalajban lévő jég felolvadását, amely a cölöpök nélkül az alapzat megcsúszását okozná.

2.2. Szoba energiaegyenlege és klímája

A szoba energiaegyenlege (8.b ábra) az épület külső héjának energiaegyenlegétől, a belső fűtés mértékétől, valamint attól függ, hogy a ház mennyire engedi meg a külső és belső részek közötti kölcsönhatást. Erős szoláris hőterhelés esetén az épület külseje melegebb, mint a belseje, és a szoba egy befelé irányuló hőáramlásban részesül. Éjszaka, vagy gyenge külső besugárzásnál viszont a hőáramlás kifelé irányul. Hideg klímaterületeken gyakorlatilag mindig ez a helyzet, ahol a Q_F tartja fent a kimenő energiaáramlást. Ha az épület héja könnyen megengedi a külső és belső részek közötti energiacsere folyamatokat, akkor az épület csak nagyon kis hatásfokú klímaszabályozásra képes. Ha viszont jó a hőszigetelés, akkor nagy hőmérsékleti különbségek tarthatók fent.

A külső-belső hőcsere folyamatok három úton valósulnak meg (8.b ábra). Egyrészt, a szobába a napsugár

bejuthat az ablakokon keresztül, amikor a hőnyereség mértéke a nyílások nagyságától és irányultságától, valamint a beeső sugár intenzitásától és a direkt-szórt sugárzás arányától függ. Másrészt, a hő beléphet vagy eltávozik szellőztetéssel (huzattal) az ablakokon, ajtókon, repedéseken és egyéb nyílásokon át. Harmadrészt, a hő elvezethető az építőanyagokon keresztül (falak, ablakok, mennyezet, padló), ahol az áramlás mértéke az építőanyagok termális tulajdonságaitól és a külső-belső hőmérsékleti különbség nagyságától függ. Ezért a termikusan szélsőséges (terhelő) klímaterületeken ezeket a hőáramlási útvonalakat kell szabályozni.

Hideg környezetekben fűteni kell a belső helyiségeket és meg kell akadályozni ennek az energiának a kifelé történő elvesztését, aminek eléréséhez alapvető az átszellőzés és a vezetés általi hővesztés megakadályozása. A közvetlen szivárgási veszteség elkerülésére erősen szigetelni kell a nyílásokat, például szigetelő szalagokkal az ablakok és ajtók körül, valamint dupla, vagy akár tripla üvegezéssel ellátni az ablakokat. A hővezetési veszteség szintén megfelelő szigeteléssel csökkenthető, pl. ha az egész szoba (vagy az egész épület) gyenge vezetőképességű anyaggal van beburkolva. A legjobb megoldás erre egy levegőréteg, amely úgy érhető el, hogyha a külső és a belső felület nem érintkezik, vagyis a fal üreges, az ablak dupla és gondoskodunk megfelelő padlástérről és pincéről. A hatékonyság megnövelhető mesterséges szigetelőanyagokkal is ugyanis ezekben az üreges anyagokban lévő levegő mozdulatlan, így nem lép fel konvektív hőszállítás. Fontos, hogy a szigetelőanyagok ne nedvesedjenek be, mert ezáltal csökken a hatékonyságuk.

Meleg és száraz területeken az épület mind a három említett úton befolyásolhatja a felmelegedést. A szoláris bevétel csökkentésére nagyon kicsi nyílásokat, redőnyöket, napellenzőket, verandákat és fákat alkalmaznak, valamint közel építik egymáshoz az épületeket. Az egymáshoz közel lévő házak többszörös árnyékolást biztosítanak, a köztük lévő utcák szűkek és majdnem mindig árnyékban vannak. A környező területek hűvösen tartása miatt érdemes azokat is árnyékolni. A modern épületekben az ablaküvegek inkább elnyelik vagy visszaverik, mint átengedik a rövidhullámú sugárzást. A vezetéssel terjedő hő bejutásának elkerülésére magas hőkapacitású anyagokból (föld, téglák, kő) vastag falakat építenek. Ilyen módon a külső hőterhelést elnyeli a fal és nagymértékben késlelteti az átbocsátást, ezért az jóval a kinti hőmérsékleti maximum után éri el a belső tereket. A 9. ábra jól mutatja ezt a késleltető hatást, amely szerint kb. 5-7 órába telik, amíg a hőhullám belülré is eljut. Ezek szerint a fal hőtárolásának (ΔQ_S) megnövelése hatékony késleltető módszer, viszont a meleg az esti órákban éri el a belső helyiségeket, aminek csökkentésére a szellőztetést, az addigra már hűvösebb külső levegő bevezetését lehet alkalmazni. A hűvösebb talaj

felé történő hőveszteséget a minél nagyobb felületű érintkezéssel biztosítják. A antropogén hőforrások (pl. főzés) melegét részben a szellőzőlyukakon keresztül kibocsátják a szabadba.

Meleg és nedves éghajlatú területeken az előző módszerek nem megfelelőek, mert míg egy száraz környezetben egy enyhe fuvallat is elég ahhoz, hogy a párolgásos hűtés hatékony legyen, magas légnedvesség esetében ehhez már jóval erőteljesebb légmozgás kell. Ezért itt az árnyékolás és a nyitottság jellemző a házakra. Az árnyékolás talán még fontosabb, mint a száraz esetben, mert ezek a nedves területek gyakran felhősek, így a szórt sugárzási bevétel viszonylag nagy, így olyan árnyékolást kell alkalmazni, amely nemcsak a napkorong, hanem az egész égbolt ellen nyújt védelmet. A nyílásokat az uralkodó széljárás és a helyi szelek irányának megfelelően alakítják ki, valamint – kihasználva a szélnek a magassággal történő megerősödését – az épületet gyakran cölöpökre helyezik. A környező növényzetet is eltávolítják, hogy az se akadályozza a légmozgásokat. A külső-belső légcseré elősegítése érdekében gyakori a ventilátorok használata is.

Az előzőekben a különböző klímaregiók hagyományos építési módszereiről esett szó, amelyek egyszerűen, de a megfelelő – tapasztalati – mikroklimatológiai eszközök alkalmazásával reagálnak a külső környezetre. Manapság azonban megfigyelhető egy olyan tendencia is, hogy az építkezéseknél nem veszik figyelembe a helyi sajátosságokat, ezért hasonló házak épülnek a világ eltérő részein. Ezeknél viszont az adott éghajlatnak megfelelően mesterséges fűtő- illetve hűtőrendszerekről kell gondoskodni, amelyek költséges és nem környezetkímélő megoldást jelentenek.

Egy szobán belül a hőmérséklet eloszlása a hőforrások és hőelnyelők elrendezésétől függ. Pl. hideg körülmények között a fűtött szoba hűvösebb részei az ablakok, a padló és a rosszul szigetelt vagy a külső környezetnek nagyon kitett falak közelében vannak. Ezek

a hűvös felszínek a melegebb felszínekről kiinduló hosszúhullámú sugarak számára nyelőt jelentenek. E felületek befedése szőnyeggel, függönnyel és faliszőnyeggel csökkenti ezt a fajta hőelvonást. Eléggé gyakori a legalább 5°C-os különbség kialakulása a fűtött szobán belül, amely létrehozhat egy belső légmozgást is. A hűvös falak és ablakok mellett a levegő lesüllyed és egy hideg réteg alakul ki a padló mentén. A fűtőtestek közelében a levegő felemelkedik és meleg réteggént szétterül a mennyezet alatt. A nyílt tűz (kandalló) a levegő erős összeáramlását okozhatja és a padló mentén a tűz irányában kialakuló hűvös „huzat” akár kellemetlen is lehet.

Köszönetnyilvánítás: Az ábrákat és térképeket Sümeghy Zoltán (SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék) készítette, akinek ezért a szerző külön köszönetét fejezi ki.

Fontosabb felhasznált irodalom

- Busch, P. und Kuttler, W., 1990: *Klimatologie*. Ferdinand Schöningh, Paderborn-München-Wien-Zürich.
- Kuttler, W., 1998: Stadtklima. In: Hupfer, P. und Kuttler, W. (eds): *Witterung und Klima*. Teubner, Stuttgart-Leipzig, 331-334.
- Landsberg, H.E., 1981: *The Urban Climate*. Academic Press, New York.
- Matzarakis, A., 2001: Die termische Komponente der Stadtklimas. *Ber. Met. Inst. Univ. Freiburg* 6.
- Oke, T.R., 1981: Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *J. Climatol.* 1, 237-254.
- Oke, T.R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Q. J. R. Met. Soc.* 108, 1-24.
- Oke, T.R., 1987: *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.
- Oke, T.R., 1988: Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* 11, 103-113.
- Park, H.-S., 1987: Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments. *Env. Res. Cent. Papers* 11, Univ. Tsukuba, Ibaraki.
- Unger J. és Sümeghy Z., 2002: *Környezeti klimatológia. Kisléptékű éghajlatok, városklimatológia*. SZTE TTK, JATEPress, Szeged.

Unger János

KISLEXIKON

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

havas nap

(Rendkívül korai hótakaró Magyarországon)

Havas napnak azt a napot nevezzük, amelyen mérhető mennyiségű csapadék esett, és ennek legalább egy része hó vagy hódara formájában hullott. Nem számít tehát havas napnak, amikor volt ugyan hőszállingózás, esetleg vékony hólepel is képződött, de nem adott legalább 0,1 mm csapadékmennyiséget. Viszont havas napnak számít, ha enyhe, olvadás időben az esővel együtt hópelyhek is szállingóztak. (Sokszor nem könnyű megállapítani, hogy a hulló csapadék hónak vagy esőnek tekinthető-e. Éjjel hullott csapadéknál szintén kérdéses lehet a halmazállapot.)

hótakarós nap

(Rendkívül korai hótakaró Magyarországon)

Hótakarós napnak azt a napot nevezzük, amelyen a 06 UTC-s észleléskor, azaz magyar idő szerint reggel háromnegyed hétkor összefüggő, legalább 0,5 cm-es hótakaró borítja a talajt. Tehát lepellet borított vagy foltokkal itt-ott betakart talaj hórétégét nem számítjuk ide.

ppb (parts per billion)

(Ózonmérés Szegeden a XIX. században)

A keverési arány mértékegysége. 1 ppb = 1 billiomod térfogatrész.

Összeállította: Schirokné Kriston Ilona

ÓZONMÉRÉS SZEGEDEN A XIX. SZÁZADBAN

Christian Friedrich Schönbein bázei kémia professzor 1839-ben fe-
dezte fel az ózont (Herrmann,
1982), vagy ahogy levelezéseiben
említette az ózonizált oxigént. Ku-
tatásainak alapját a tudósokat már
rég foglalkoztató, villámások ide-
jén jelentkező különös szag adta. Ő
az ózont először a klórhoz és bróm-
hoz hasonló aktivitása miatt halo-
génnek, majd a nitrogénnek egy a
hidrogénnel alkotott részeként gon-
dolta akkor, amikor Berzelius is a
nitrogént még vegyületnek tartotta.
A már említett szagot későbbi kutá-
sai során elektrolízises vízbontás-
nál érezte, minek következtében az
ózont a hidrogén egyik oxidációs
változataként, egy bizonyos hid-
rogénszuperoxidként tartotta szá-
mon (Nolte, 1999). Végül vizsgálatai
alapján az ózont az oxigén egy
különleges változataként értelmez-
te. Úgy hitte, hogy az oxigén atom
három különböző, egy semleges
inaktív és két aktív formában léte-
zik – a pozitív töltésű az ózon, a ne-
gatív töltésű pedig az ú.n. antozon
(Gersulp, 1998). Arra, hogy több
atom kombinációjaként az oxigén-
ből molekula képződhet, nem gon-
dolt. Kutatásaival kapcsolatban ál-
landó levelezésben állt Liebiggel,
Faraday-el és Berzeliuszal (1. áb-
ra), velük együtt próbálta megfejteni
az ózon kémiai mivoltát (Burns,
1997). Az első ózonnal kapcsolatos
tudományos ismereteket és feltevé-
seket összefoglaló monográfia
1856-ban jelent meg (2. ábra).

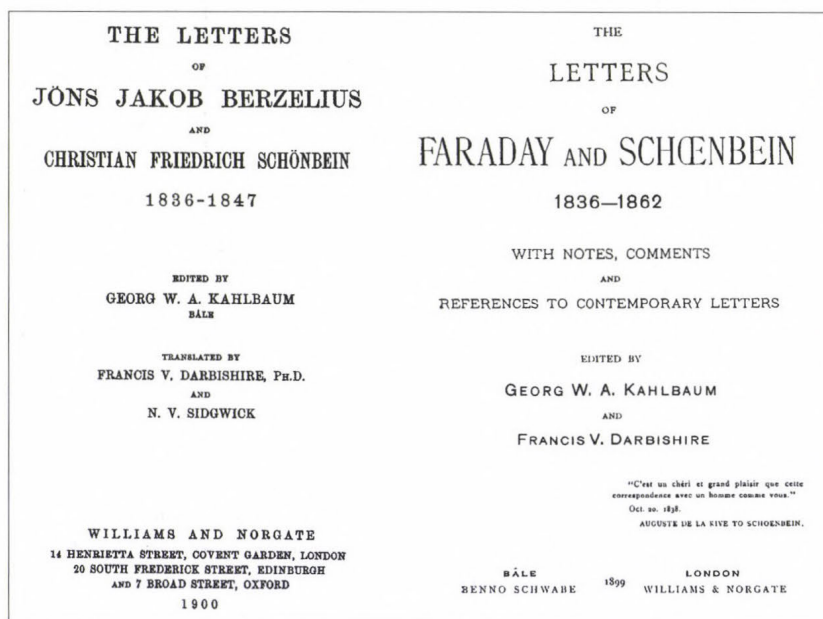
Schönbein gyanította, hogy a
légtérben állandóan jelenlévő ózon
oxidáló hatása miatt a földfelszín-
ről kibocsátott légszennyező gázok
és gőzök mennyiségét csökkenti, és
jelentős az emberek tevékenységére
is kiható szereppel bír. Munkája so-
rán az ózon különböző jellegzetes
hatásait észlelte, úgy mint a nyálka-
hártyára, s így a légutakra gyako-
rult, nagyobb mennyiségben gyul-
ladást okozó irritációs hatást

(Schönbein, 1850-es évek), vala-
mint a színekre gyakorolt fakító
hatást (Nolte, 1999).

„Ha azonban az ózon a légkör-
ben állandóan előforduló gáz,
akkor annak oxidáló mivolta a lég-
körbe kerülő oxidálható gáz- és
gőzformájú anyagokra hatással
van. Hogy a szerves anyagok bom-

az „ózdús jó erdei levegő” kifeje-
zés is (Lauscher, 1984).

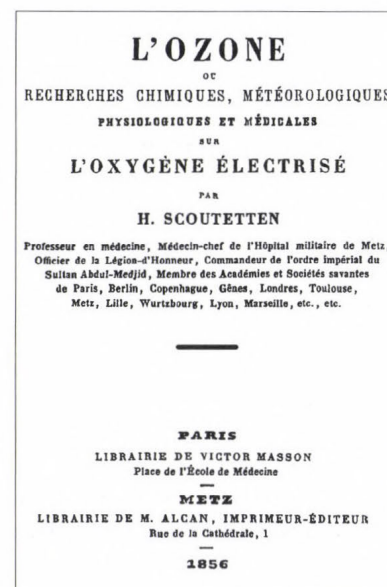
Schönbein 1850-ben fejleszti ki
az „ózonoszkópikus” papírt
(Gersulp, 1998), ami egy a levegő
ózonkoncentrációjának kimutatását
segítő káliumjodid-keményítő re-
agenspapír. Kedzie 1875-ös feljegy-
zéseiből a reagenspapír készítéséről



1. ábra. Schönbein levelezéseinek gyűjteménye (Burns, 1997)

lásából származó gázok milyen ne-
gatív hatással bírnak az emberi
szervezetre, arról még keveset tu-
dunk. Az azonban biztos, hogy a
tiszt levegő légzésre alkalmasabb,
mint a miazmával teli, minek kö-
vetkeztében gyanítható, hogy a lég-
köri ózon ebből a szempontból a
légtisztaságban fontos szereppel
bír, minek köszönhetően az ózon a
fiziológusok és az orvosok szem-
pontjából is érdekes lehet”
(Schönbein, 1850-es évek).

Különböző módszerekkel pró-
bálták bizonyítani, hogy olyan
járványos megbetegedések, mint
például a kolera azon helyeken,
ahol magas az ózontartalom, nem
jelentkezik. Ez is mutatja, hogy a
természetes ózont annak idején po-
zitívan értékelték, ekkor jelent meg



2. ábra. Az első ózonmonográfia
címlapja (Burns, 1997)

is képet kaphatunk, mely szerint 10 rész keményítőhöz 200 rész tiszta vizet adtak, s addig melegítették, míg zselés állagú nem lett. Ezután káliumjodidot oldottak fel benne, s a kapott masszát egy ecsettel papírra vitték (Lauscher, 1983). Sütőben szárították, majd száraz helyen fénytől védve tárolták az expozícióig. Expozíció kezdetén a 3,8 cm széles és 10 cm hosszú tesztapírt tiszta vízzel benedvesítették és egy diffúz napfénynek és szabad légáramlásnak kitették, de direkt napfénytől védett helyre függesztették. Az expozíció során a levegőben lévő ózon a káliumot oxidálta, s az így szabaddá váló jód a megadott észlelési idő eltelte után – mely lehetett pár óra, egy nap, hét ill. hónap – a reagenspapír desztillált vízbe merítésekor a keményítővel reagált. Az ennek hatására megjelenő kék színt egy kék színskálához hasonlítva, megkapták az adott minta 0 (fehér) és 10 (sötét ibolyakék) közötti „Schönbein-számát” (Kedzie, 1875). Schönbein tudta, hogy a reagenspapír nem csak ózonra reagál, ez volt az alapja annak is, hogy sok tudós megkérdőjelezte a papír ózon okozta kékszíneződését. A kételkedők miatt Schönbein biztosabb kimutatási módszer után kutatott, illetve próbálta a káliumjodidos papír használhatóságát bizonyítani.

„Több okból is különösen kíváncsi lenné egy módszer, melynek segítségével a levegő ózontartalma biztosabban meghatározható. Ezt kívánni azonban egyszerűbb, mint teljesíteni. A későbbiekben biztosan találnak egy ilyen analitikus módszert, ami valószínű volumetrikus lesz, ehhez viszont egy ózont vonzó anyag szükséges, mely az oxidáció során vagy elszíneződik, vagy elszíntelenedik. Amíg azonban egy ilyen módszert találunk addig meg kell elégednünk a jódkáliumos ózonoszkóppal, mely a levegő ózontartalmának csökkenését illetve emelkedését mutatja” (Schönbein, 1850-es évek).

Egy parallel kísérlet keretében, káliumjodidos és talliumoxidos papírt használt, ebben kimutatta, hogy a papírok kékülését ill. barnulását ózonon kívül klór és bróm okozhatja, mivel ezek azonban tudomása szerint a légkörben tisztán nem, csak mint vegyület vannak jelen, ezek mérést befolyásoló hatását teljességgel kizárta. A talliumoxidos változat bevezetése alacsonyabb érzékenysége miatt – 24 órás expozíciós időt igényelt – elmaradt (Schönbein, 1850-es évek). Később a káliumjodidos reagenspapírnál más gázok hatását is megfigyelték, ezért a mérést végzőket figyelmeztették, hogy a papírt ne tegyék lehetséges kénsvikibocsájtó helyekhez, például égő szén közelébe, mert az a papír színét halványítja (Linville, 1980).

A papír érzékenységét a meteorológiai elemek is befolyásolták, mely ugyancsak támadási lehetőség volt a Schönbein-módszerrel szemben. Nedvesebb környezetben a papírnak erősebb színe lett, magasabb hőmérsékletnél a papíron lévő reagensanyag jobban reagált ózonra (Pavelin et al. 1999). További problémaként jelentkezett az ózonoszkóp szélsébségre való érzékenysége, azaz hogy az ózonreakció a szélsébséggel nőtt (Bauer, 1912). Renshuber egy éven át folytatott kremsmünsteri megfigyelései alapján készített az ózontartalom és a meteorológiai jelenségek összefüggését vizsgáló munkája szerint az ózontartalom alacsonyabb légnyomás, hőmérséklet esetén illetve magas légnedvességű, borult de nem vagy csak kicsit csapadékos, Cumulostratussal és Cirrostratussal jellemezhető napokon magasabb. Az ózon szint azon napokon a legmagasabb, mikor jégkristályképződés figyelhető meg (Reslhuber, 1854). Erős havazás esetén, a levegő nedvességtartalmának növekedésével, igen magas értékeket kaptak, ezt Schönbein – ma már ezt tudjuk, tévesen – a magas ózontartalomnak tulajdonította (Schönbein, 1850-es évek).

„Az ózontartalom éves szinten a hideg hónapokban magasabb, a melegebb hónapokban alacsonyabb, napi szinten nappal alacsonyabb mint éjszaka.” (Reslhuber, 1854)

Az ózonnal kapcsolatos kutatásokat nem mindenki fogadta egyértelműen pozitívan, amit Schönbein munkájában is megemlíti: „Még mindig vannak, akik a levegő ózon tartalmát megkérdőjelezzik, vagy éppenséggel letagadják” (Schönbein, 1850-es évek).

és két példa az ellenzők táborára:

„Az ózon atmoszférikus léte problematikus, a Schönbein féle reagenspapír pedig inkább egy durva hygroszkóp sem mint ózonométer.” (Schöne, 1880)

„Megfontolva, hogy a légköri ózon léte nem bizonyított, sőt ennek létezését újólág Schöne valószínűtlennek tartja, nem tudni minek kell egyáltalán még 'ózonmegfigyeléseket' végezni”

(Pernter, 1880)

Széleskörű levelezései során Schönbein gyakran küldött sajátkészítésű (Kreil, 1858) reagenspapírt is a borítékban, ezzel is segítve a módszer elterjedését (Nolte, 1999). Az ú.n. Schönbein-papírokkal 1853-tól az 1920-as évekig Európa (3. ábra), Ázsia és Amerika több száz városában végeztek főképp egyetemi professzorok, gyógyszerészek, orvosok ózonmegfigyeléseket (Bojkov, 1986).

Az 1850-es évek végéig a Schönbein módszer volt az egyetlen ózonmérési módszer. Az első változtatás 1858-ban történt, mikor Franciaországban egy 24 órás átlagot adó arzenitos mérési módszert kezdtek alkalmazni. (Nolte, 1999). A XIX. Században alkalmazott reagenspapíroknál három értékskála létezett, a schönbeini 0-10-es skála, az 1874-ben megjelenő Lender féle 0-14-es és a Bérigny-Salleron féle 0-20-as változat. Utóbbinál a papírra kerülő anyag is töményebb volt (Bojkov, 1986).

magasságot pedig toisenben adták meg 1 toisen = 1,94903 m azaz 43,3 toisen 84,4 méterrel egyenlő. A mérési hely adatainak alapján ma azt hihetnénk, hogy a méréseket a mai Kelebia közelében végezték, feljegyzésekből tudjuk azonban, hogy az észlelési hely Szeged volt – a 30 perces eltérés belefér az akkori mérések pontosságába.

Az akkori város a mai Nagykörúton belül helyezkedett el (5. ábra), beépítettségét, mely a maihoz képest jóval „szellősebb” volt és szerkezetét a 6. ábra szemlélteti. A méréseket Dr. Altstädter Móricz, az 1853-ban Szegeden „meglakosított” ezredorvos (Városi jegyzőkönyv – jegyzői szám

6244/1853) végezte 1853. november 2.-tól az akkori katonai kórháznál, mely valószínűsíthetően a várbán – a Széchenyi teret ábrázoló kép bal oldán, a térképen x-el jelölve –, a katonaság akkori lakhelyén működött (Fáry I., 2001). Teljes adatsor csak az 1853-tól 1856-ig terjedő időszakra található, azonban egy későbbi ilyen irányú utalásból tudjuk, hogy az 1860-as évek végéig folytattak a városban ózonmegfigyeléseket.

„Szeged. Dr. Altstädter úr közleményei 1861. év júliusban végződnek. 2 évi félbeszakítás után több ezredesi orvos az észleleteket ismét megindította és 6 éven át folytatta. Remélhető és fölötte kívánatos, hogy az Alföld ezen fontos

állomásán az észlelések biztos kezekbe fognak jutni.” (Schenzl, 1871).

Az első valóban kvantitatív ózonadatok a Lewy és Allaire által 1875-től végzett Montsouris-i arzenites mérésekből származnak. Ezek lényege, hogy a káliumarzenit ózonnal arzénsavat képez amit jódkeményítő oldattal titráltak. Lewy munkája során egy évig összehasonlító vizsgálatokat végzett az arzenitos- és a Schönbein-módszer között. Ezen paralelvizsgálatok segítségével vált később lehetővé a Schönbein-módszerrel végzett mérések első korrekciója (Lauscher, 1983). A Schönbein-mérések mai értékre való átváltásához az első korrekciósdiagrammot az 1980-as években Linvill, Hooker és Olson készítette oly módon, hogy a XIX. századi leírások alapján előállított „Schönbein-papír” színértékeit különböző légnedvesség (20%-100%) és ózonmennyiség mellett vizsgálták.

Megállapították, hogy a légnedvesség és a papír színváltása között az összefüggés nem lineáris. A vizsgálat alapján elkészített diagram lehetővé tette a relatív légnedvesség ismeretében a Schönbein-számok ppb-re* való átváltását (Linvill et al., 1980), hibája volt viszont, hogy azon átváltott értékek melyekhez 75% alatti relatív légnedvesség tartozott túl magasak lettek (7. ábra).

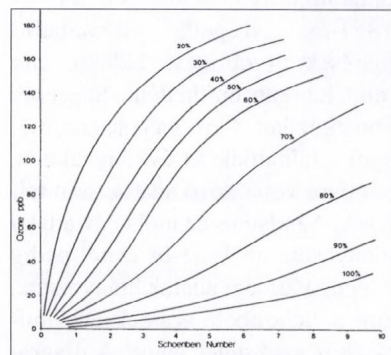
Később Bojkov is kidolgozott egy átváltási módszert, ez azonban a 21-es Salleron-skálára vonatko-



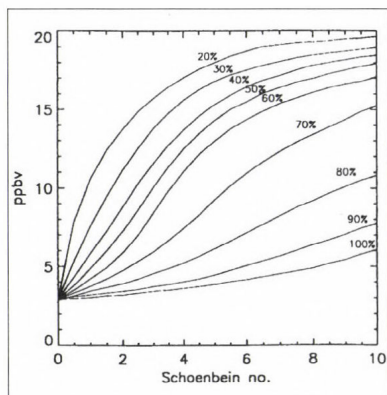
5. ábra: Szeged szabad királyi város térképe 1853. (Gaál E., 1991)



6. ábra: A Széchenyi-tér 1861-ben (Gaál E., 1991)



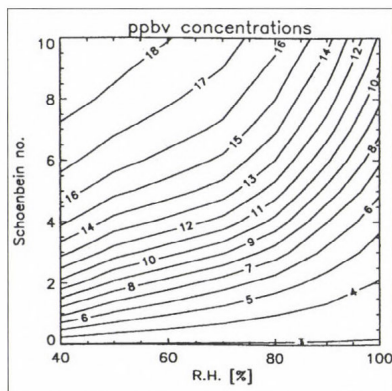
7. ábra: Linvill átváltási diagram (Linvill et al., 1980)



8. ábra: Anfossi-féle diagram
(Pavelin et al., 1999)

zott, és csak a havi és éves átlagok átváltásához volt alkalmazható. Standardizációs problémák miatt Marengo korrigálásáig (Marengo et al., 1994) csak félkvantitatív adatokat szolgáltatott. Az 1990-es évek elején aztán Anfossi és Sandroni a Bojkov- és a Linvill-módszer ötvöztetésével egy újabb átszámítási módszert fejlesztett ki, melyben az értékeket először a Linvill-diagram segítségével ppb-re váltották, majd a Bojkov-módszerhez hasonlóan a Montsouris-i Schönbein- és Levy-mérések összehasonlításával regressziót számítottak, ennek alapján: $O_3 \text{ [ppbv]} = 2,9 + 0,088X$ – melyben X az adott Schönbein-szám Linvill-diagram alapján számított ppb-értéke. (8. ábra)(Anfossi et al., 1992).

A jelenlegi ismereteink szerint az Anfossi átszámítás Pavelin féle továbbfejlesztett változata a helyes (9. ábra) (Pavelin et al. 1999). A három említett átszámítási módszer összehasonlításához a 10. ábra diagramja nyújt segítséget, ahol az 1854-es szegedi Schönbein-mérések átszámítása látható. Bár mint fentebb említettem, Szegedre vonatkozóan 4 év mérési eredményei találhatók az évkönyvekben, e 4 évre vonatkozó adatok sem teljesek. Az első és az utolsó év adatai hiányosak, az 1855-ös évnél pedig a légnedvességi adatok hiányoznak, ami a Schönbein-számok átszámításához szükséges lenne. A diagramon az áprilisi adatok nem szere-



9. ábra: Pavelin-féle diagram
(Pavelin et al., 1999)

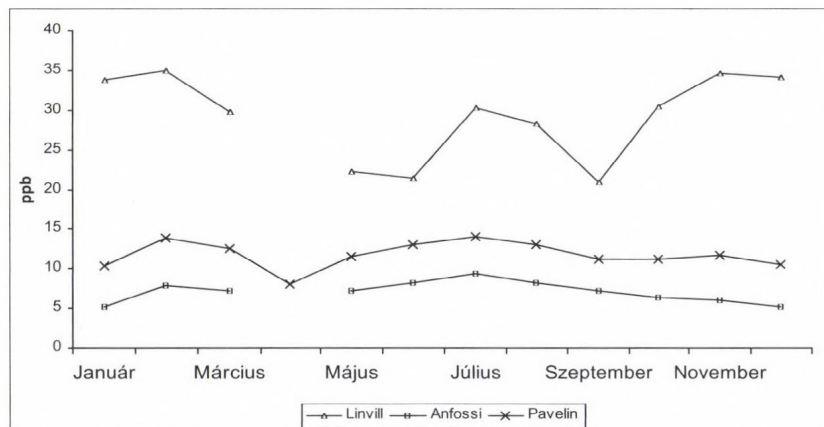
pelnek, itt ismeretlen okból az összes lehetséges mérés harmada hiányzik, azaz az április havi adat információs értéke nem teljes.

Természetes úton ózon sztratoszférikus transzport következtében ú.n. tropopauzatörések során, különlegesen intenzív konvektív cellák esetén, villámások alkalmával, valamint növények által kibocsátott szénhidrogének átalakulásával kerül a felszínközelbe. A sztratoszférikus lekeveredés leginkább koratavasszal, míg az utóbbi kettő nyáron befolyásoló tényező. A troposzférikus ózonkeletkezés mértékét az prekursorok immissziója mellett a napsugárzás intenzitása és a hőmérséklet is befolyásolja, melynek következtében egy jellegzetes, nyári maximummal jellemezhető éves menet figyelhető meg. Az egykori szegedi észlelések adatai szerint a XIX. században az ózonszint kiegyenlített volt, a havi

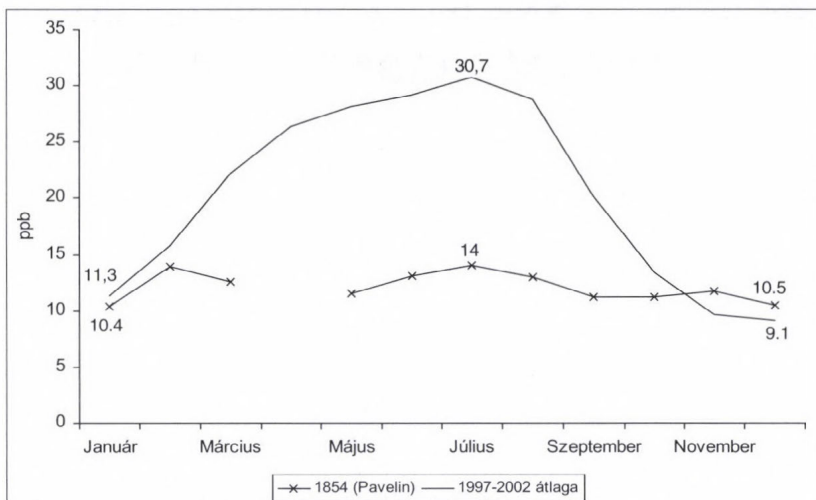
átlagok a 10-14 ppb közti intervallumban mozogtak vagyis az évi menet kevésbé volt feltűnő, nem volt olyan hatalmas eltérés a téli és nyári koncentrációban mint ma.

Az ipari fejlődés ózonkoncentrációra gyakorolt hatása becsülhető, ha a XIX. században mért adatokat a mai, az Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség által a szegedi Kossuth Lajos sugárúton mért adatokkal összevetjük (11. ábra). Teljes bizonyosságú összehasonlíthatóságot természetesen nem várhatunk, hisz a Schönbein-papírral csak kvalitatív illetve félkvantitatív méréseket, megfigyeléseket tudtak végezni, azonban ez is felbecsülhetetlen értékű, mivel ez az egyetlen módszer mellyel az iparosítás előtti ózonértékekre következtetni lehet.

Amíg az év eleji és végi havi átlagok 150 év eltéréssel is hasonlóak, addig a XX. század végére, XXI. század elejére a nyári hónapok ózon mennyisége megközelítőleg az egykori kétszeresére növekedett. Ennek magyarázata, hogy a XIX. századi adatok a természetes úton keletkező ózon mennyiségét mutatják, míg a mostani ózonszint meghatározó része az iparból és a közlekedésből származó légszennyezőanyagok (nitrogénoxidok, szénmonoxid valamint nemmetán illékony szerves vegyületek) fotokémiai átalakulásával keletkezik. Megfigyelések alapján éves szinten 0,5-1%-os ózonszintnö-



10. ábra: Linvill, Anfossi, Pavelin féle átszámítások összehasonlítása



11. ábra: Az 1854-ben Szegeden végzett Schönbein-féle ózommérések átszámított értékeinek összehasonlítása az utóbbi 6 év (1997-2002.) havi átlagának átlagával

vekedés mutatható ki, mely tendencia természetesen nem kötelező érvényű, hisz megfelelő intézkedésekkel az elsődleges légszennyezők, és így az azokból képződő ózon mennyisége is csökkenthető. E munkában is, mint oly sok helyen, az emberi tényező a legfontosabb, hisz a legátgondoltabb tervek sem segítenek, ha a lakosság információ és így környezettudatosság hiányában közönyösen reagál.

Divéky Erika
Szegedi Tudományegyetem
Term. Földr. Tanszék

Irodalomjegyzék

Anfossi, D.; Sandroni, S.; Viarengo, S. 1992.: Surface Ozone Levels at the End of the Nineteenth Century in South America, *Journal of Geophysical Research*, Vol.97, No. D2 2535-2539.

Bauer, J. 1912.: Über das atmosphärische Ozon. *Meteorologische Zeitschrift* 372-378., Wien

Bojkov, R. D. 1986.: Surface Ozone During the Second Half of the Nineteenth Century, *Journal of Applied Meteorology* 1986/1 343-352.

Burkhardt, A. U. 1859.: Übersichten der Witterung in Österreich und einigen auswärtigen Stationen im Jahre 1857. Wien Aus der Kaiserlich-Königlichen Hof- und Staatsdruckerei /mostani könyvtári száma OMSZ 1 ATEM.01. 1857-58./ - 1856-os adatok

Burns, T. 1997.: Early problems in the analysis and the determination of ozone – *Fresenius J. Anal Chem* 357: 178-183 Springer V.

Fáry, I. 2001.: A szegedi Fekete-ház muzeológusának személyes közlése 2001. május

Gaál, E. 1991.: Szeged története 3/1 - 19. sz. kép, Somogyi Könyvtár Kiadása, Szeged

Gersulp 1998.: Sa vie et ses travaux – De l’ozone à l’oxygène, le ‘roi éléments’ – Christian Friedrich Schönbein (1799-1868), Université Louis Pasteur, Strasbourg <http://gersulp.u-strasbg.fr/schoenbein/vie.htm>

Haszpra, L. 1993.: Munkaértekezlet a troposzférikus ózonkutatásról. *Légkör* 93/2 30-33.

Herrmann, G. 1982.: Christian Friedrich Schönbein, der Entdecker des Ozons – *Zeitschrift für Meteorologie* Band 32 Heft 4. 199-204.

Kedzie, R. C. 1875.: Ozone. State Board of Health, Report of Secretary, Lansing, MI, 135-146.

Kreil, K. 1858.: Jahrbücher der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus VII. Band-Jahrgang 1853.

Kreil, K. 1859.: Jahrbücher der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus VII. Band-Jahrgang 1854.

Kreil, K. 1860.: Jahrbücher der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus VII. Band-Jahrgang 1855

Kreil, K. 1861.: Jahrbücher der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus VIII. Band-Jahrgang 1856.

Lauscher, F. 1983.: Aus der Frühzeitatmosphärischer Ozonforschung-Wetter und Leben Jg. 35 69-80, Österreichische Gesellschaft für Meteorologie, Wien

Lauscher, F. 1984.: Ozonbeobachtungen in Wien von 1853 bis 1981. Zusammenhänge zwischen Ozon und Wetterlagen, Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Heft 60, Wien

Linville, D.; Hooker, W.; Olson, B. 1980.: Ozone in Michigan’s Environment 1876-1880 - *Monthly Weather Review* 1980/II. 1883-1891.

Marenco, A.; Gouget, H.; Pagés, J.-P.; Nédélec, P. 1994.: Evidence of a long-term increase in tropospheric ozone from Pic du Midi data series: Consequences: Positive radiative forcing, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99, No. D8, 16,617-16,632.

Nolte, P. 1999.: Ein Leben für die Chemie: 200 Jahre Christian Friedrich Schönbein 1799-1999, Metzingen-Ermstal 131-138.

Pavelin, G. E.; Johnson, C. E.; Rughooputh, S.; Toumi, R. 1999.: Evaluation of pre-industrial surface ozone measurements made using Schönbein’s method, *Atmospheric Environment* 33 919-929.

Pernter, J. M. 1880.: Ozonbeobachtungen, *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie* XV. Band 394-398., Wien

Reslhuber c. M. P., A. 1854.: Über den Ozongehalt der atmosphärischen Luft, *Sitz. Ber. K. Akad. D. Wiss. Wien* Band XIV, 336-344.

Schenzl, G. 1873.: A Meteorológiai és Földmágnességi Magyar Királyi Intézet Évkönyvei - I. kötet 1871. évfolyam, Budapest

Nyomatott a Magyar Királyi Egyetemi Könyvnyomdában IHU.EM.01.1871-75.

Schmalhofer, M. 2001.: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Bács – személyes közlés

Schönbein, F. C. 1850-es évek*: Ueber die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft 101-112. Referencia - Bibliothek der k.k. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien Inv. No. XII 647. (* a bécsi könyvtárban a kiadvány csak töredékként maradt fenn, melyen évszám nem, csupán könyvtári szám szerepel. A kiadási idejére így csak következtetni lehet).

Schöne, H. 1880.: Ozonbeobachtungen-Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin Jahrgang XIII, Heft 14.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2003. október 1. – december 31. között

Választmányi ülés:

2003. október 30.

Napirend:

1. Javaslattevő és bíráló bizottságok megválasztása
2. Évzáró ülés előkészítése
3. 2004. évi Vándorgyűlés terve
4. Beszámoló az EMS közgyűléséről
5. Folyó ügyek
6. Tagfelvétel

Felvett tagok: Bencsik Attila OMSZ, Béczi Rita SZTE, Gurbán Gábor és Debreceni Zsolt középiskolai tanulók

Előadó ülések, rendezvények:

November 6-7.

CHIOTTO (Continuous High-precisiOn Tall Tower Observations of greenhouse gases) project első munkaértekezlete Budapest, ELTE

November 13.

Aujeszky László születésének 100., halálának 25. évfordulójának alkalmából rendezett emlékülés. A megemlékezést tartotta *Ambrózy Pál*.

November 20-21.

2003. évi meteorológiai tudományos napok
Téma: Az időjárás numerikus előrejelzése

November 24.

Munkaértekezlet „A megújuló energiák kutatása és hasznosítása az észak-alföldi régióban” témából (Az MMT Debreceni Csoportjának rendezvénye)

November 27.

Pattantyús-Ábrahám Margit (a 2003. évi Hille díjas): Nagy felbontású meteorológiai adatsorok elemzése: a hűlés és melegeedés dinamikája
Zsótér Ervin (a 2003. évi Róna díjas): Érdekességek a csapadék valószínűség előállításának és általában a prognózisok értékelésének területéről

December 4.

Tiszteletadás Aujeszky László sírhelyénél a Szt. Anna templom urnakápolnijában

December 11.

MMT 2003. évi évzáró ülése

Napirend:

- ❖ Évfordulók 2003 (*Simon Antal*) (az előadás teljes terjedelemben megtalálható ebben a számban)
- ❖ Tudományos előadások:
 - *Wantuchné Dobi Ildikó és Kalmár Györgyné*: Időjárási rendkívüliségek 2003-ban
 - *Varga György és Bálint Gábor (VITUKI)*: A Balaton vízháztartásának évtizedes változásai
 - *Tóth Zoltán*: A sztratoszférikus ózonréteg állapota, és a földfelszínre érkező UV-B besugárzás intenzitása 2003-ban
- ❖ Kötetlen beszélgetés, büfé

KÉRELEM

Kedves Tagtársunk!

Felhívjuk szíves figyelmét arra a törvénybe iktatott jogára (1996. évi CXXVI. törvény), hogy jövedelemadójának 1 %-át az Ön által megjelölt közcélú intézmény javára átutaltassa az Adóhivatallal.

Értesítjük, hogy a Magyar Meteorológiai Társaság is jogosult az ilyen adóátutalások fogadására. Arra bátorítjuk, hogy **adójával a Magyar Meteorológiai Társaságot támogassa**. 2003-ban Társaságunkhoz 366.940 forint támogatás érkezett Önöktől. Támogatásukat nagyon köszönjük, és reméljük, hogy idén is az MMT-nek ajánlja fel jövedelemadója 1 %-át.

A tagdíjak ma már a Társaság működési kiadásainak csak a töredékét fedezik, a működési kiadásokra megszerezhető állami és alapítványi támogatások nagysága pedig évről évre csökken. Minden kiegészítő támogatást

tudományos közéletünk gazdagítására tudunk fordítani.

A **jövedelemadó 1 %-áról való rendelkezés módja**: az adóbevallási egységcsomag tartalmazza azt az űrlapot amelyen a rendelkezést meg lehet tenni a kedvezményezett adószámának és nevének feltüntetésével.

Emlékeztetül az MMT adatai:

Magyar Meteorológiai Társaság

1027 Budapest, Fő u 68.

Adószám: 19815826-2-41

A rendelkezést külön borítékba kell zárni, a boríték tetejére rá kell írni az Ön adatait. (Az APEH a kedvezményezett nem közli, kitől származik az átutalás.)

Köszönettel

Pusztainé H. Magdolna

ügyvezető titkár

ÉVFORDULÓK, 2003

Az évzáró üléseinken kialakult hagyományainknak megfelelően ez évben is megemlékezünk hazai meteorológus elődeinkről, akik tudomány területünket megalapozták, vagy jelentős hozzájárulásukkal továbbfejlesztették.

Megjegyezzük még, hogy az évek óta gyűjtött adatok alapján lényegében készítettünk egy kisebb összefoglaló munkát „Magyarországi meteorológusok életrajzi lexikonja” címmel, az évfordulói megemlékezések által inspirálva, amely remélhetően az OMSZ támogatásával láthat majd napvilágot.

340 éve született Szendrőn **Kölesári Sámuel** (1663-1732) aki a teológia, bölcsezet és orvostudományok doktora volt. A leideni egyetemen 1681-ben bölcseztan diplomát, a franeker egyetemen (1585-ben alapított és egykor híres egyetemet 1811-ben I. Napoleon bezárt) 1683-ban teológiai doktori címet szerzett. 1685. május 9-én érkezett haza Debrecenbe, de miután első prédikálása alkalmával a miatyánkot eltévesztette, elhagyta pályáját és orvosi tanulmányokba kezdett. Nagyszebenben mint városi, majd tartományi orvos, nagy hírnévre tett szert. Orvostudományi irodalmi munkássága során meteorológiai kérdésekkel is foglalkozott. A Bresslauer Sammlung 1721. december 24-i számában írt egy nagy erdélyi zivatarról *Relation von Witterung, Suchen in Siebenbürgen* címen. 69 éves korában Nagyszebenben hunyt el.

195 éve Győrött született **Dorner József** (1808-1873). 1824-27 között a győri Kochmeister-féle orvosságtárban gyakornokoskodott, majd több évet segédként Pesten és Pozsonyban töltött. 1831-32 között a bécsi egyetemen kémiai és leíró növénytant hallgatott. Az 1836-1840-es években Pozsonyban gyógyszerár tulajdonos, 1840-ben a magyar királyi helytartó tanács egészségügyi osztályában nyert alkalmazást. 1848-ban báró Eötvös a Kultuszminisztériumba hívta. A szabadságharc után visszavonult és kisebb tanulmányokat írt. 1853-ban a szarvasi gimnázium tanárának választották, ahol kutatómunkát is végezhetett. 1858-ban a MTA levelező tagjává választották. 1860-ban a pesti evangélikus gimnázium tanára lett, ahol haláláig oktatott. Meteorológiai megfigyelések alapján írta meg „Buda vidékének s illetőleg egész Magyarországnak éghajlati viszonyai” című munkáját (Természettudományi Társulat Évkönyve. II. 1851). Igen jelentős növény fiziológiai és anatómiai tevékenységet fejtett ki. Budapesten hunyt el 68 éves korában.

180 éve Lápafőn született **Galgóczy Károly** (1823-1916), gazdasági író, az MTA levelező tagja, aki sokoldalú szakirodalmi tevékenységet fejtett ki. A Magyar

Tudományos Akadémia által jutalmazott meteorológiai tárgyú pályaműve volt (1872) *Az erdősegek és a fásítás fontossága Magyarországon éghajlati s nemzetgazdasági tekintetben*, illetve 1878-ban *Az Alföldi aszályosság legvalószínűbb okai s hatásának természetszerű mérséklése*. 93 éves korában halt meg.

175 éve született az ausztriai Bielitzben **Geyer G. Gyula** (1828-1900). Szülei 1840-ben telepedtek le Magyarországon, Leibicz városában. Geyer Gyula részt vett a szabadság harcban, 1849. július 7-én megsebesült. 1858-ban a bécsi egyetem természetrajzi előadásait hallgatta és a múzeumokat tanulmányozta. 1859-ben rendes tanári állást kapott a rozsnyói, majd 1871-ben az iglói főgimnáziumban, ahol 27 éven át tanított. 1865-ben Rózsnyón kezdte meg a meteorológiai észleléseket, amelyeket 1872-től Iglón folytatott. Megfigyelései a bécsi, majd a budapesti Meteorológiai Intézet Évkönyveiben jelentek meg 1893-ig. Állat és növény fenológiai megfigyelései a Kárpátgyógyászati Évkönyveiben kerültek publikálásra. A felvidéki szaklapokban több meteorológiai szakmai cikke jelent meg.

175 éve született Eperjesen **Greguss Gyula** (1828-1869). Tanári végzettsége volt, meteorológiával is foglalkozott, több értekezése jelent meg, így *A Dunának hőmérséklete* (1868), *A meteorológia haladása* (1869). Schenzl az újonnan létesített Meteorológiai Intézet munkatársának szemelte ki, 41 éves korában bekövetkezett korai halála nagy veszteség volt.

160 éve Pesten született **Heller Ágost** (1843-1902) fizikus és természettudományi író. A budai József műegyetem elvégzése után két évig tanársegéd volt a fizikai tanszéken, majd a heidelbergi egyetemre ment, ahol Kirchhoff és Helmholtz tanítványa lett. 1870-től a II. ker. főreáliskola fizika tanára volt, majd 1875-től a Természettudományi Társulat könyvtárosa. 1888-ban a Társulat kiadásában jelent meg népszerű könyve *Az időjárás*. Főleg a fizika történetéről írott műveivel tűnt ki, ezek *A fizika története Aristoteléstől Newtonig*, *A fizika története a XIX. században*. A MTA 1887-ben levelező tagnak, 1893-ban rendes tagnak és főkönyvtárnokának választotta meg.

160 éve Gyergyószentmiklóson született **Ávéd Jákó** (1843-1922). 1868-ban fizikai és mennyiségtani tanulmányokat végzett és 1869. október 10-től a gyulafehérvári római katolikus főgimnáziumban matematikát és fizikát tanított. 1870-72-ben Csíksomlyón tanított, majd újból Gyulafehérváron működik, 1875-ben kezdte meg

ugyanítt meteorológiai megfigyeléseit, amelyeket 1902. végéig szakadatlanul végzett, amikor mint főgimnáziumi igazgató nyugalomba vonult. Megfigyeléseit utóbb maga dolgozta fel. Nyugdíjazása után, 1914-től saját lakásán végzi megfigyeléseit. Jelentősebb meteorológiai munkái: *Gyulafehérvár éghajlatának viszonyai* (Gyulafehérvár, 1883) *Alsó-fehér Vármegye éghajlata* (1896). Ávéd széles skálájú szakirodalmi tevékenységének listája – halála évében – AZ IDŐJÁRÁS 1922. május-júniusi füzetében található.

140 éve Győrött született **Ráth Zoltán** (1863-1902). A budapesti egyetemen jogi és politikai tanulmányokat folytatott, majd a Statisztikai Hivatalban helyezkedett el. Már 1888-ban a statisztika egyetemi magántanárává habilitálták. Ő kezdeményezte a közvetlen kapcsolatot az OMFI-val, sőt 1893-ban több hónapon keresztül, *Vízaknai Antallal* (a m. kir. Központi Statisztikai Hivatal aligazgatójával) közösen, naponta megjelent az Intézetben és igyekezett a meteorológia módszereit és elveit elsajátítani. Jelentős segítséget nyújtott az OMFI adatfeldolgozásainál a statisztikai módszerek elterjesztésében. 1894-ben a király a budapesti egyetem nyilvános rendkívüli tanárává nevezte ki. Ezután írta meg fő művét, *Magyarország statisztikája* címmel. 1896-ban elhagyta a Statisztikai Hivalt és elfoglalta a kassai kir. Jogakadémia statisztikai tanszékét. AZ IDŐJÁRÁS lap megindulásától évente jelentkezett a folyóiratban egy-egy cikkel. Hat évvel később, önkézzel vetett véget életének.

140 éve a felsőausztriai Krems-ben született **Riegl Sándor S.J.** (1863-1932). Hatodik osztályos gimnazistaként lépet a jézustársaságiak rendjébe. Próbaideje elteltével Kalocsára került. Tanulmányait befejezve, a budapesti egyetemen matematikából és fizikából tanári oklevelet szerzett és időközben a magyar nyelvet is tökéletesen elsajátította. 1869-től 1917-ig Kalocsán, majd 1917-től haláláig Pécsen tanított. Két ízben összesen 9 évig gimnáziumi igazgató is volt (1910-1914, 1917-1922), valamint különböző rendi előjárói tisztségeket is viselt. Tudományos működése főképpen a légköri elektromosság, a zivatarok, csillagászati időmeghatározás és didaktikai kérdésekre vonatkozott. Tanítványaival iskolán kívül időben is készségesen foglalkozott. Rendszeresen publikált AZ IDŐJÁRÁS-ban is, melynek 1932. évi kötetében található értekezéseinek felsorolása.

Végül Társaságunk egy komoly korábbi mulasztását pótoljuk a mai napon. Mindez ideig semmiféle megemlékezés – sem írásban, sem szóban – nem történt Társaságunk 20. évén át volt lelkes és szorgalmas főtákosáról, aki ez évben lenne 80 éves.

Szakály József (1923-1991) az elemi iskola négy osztályát szülőfalujában, a középiskola alsó négy osztályát

a Toldy Ferenc reáliskolában és a Váli-utcai polgáriban végezte. 1938-ban a budapesti Mezőgazdasági Középiskolába iratkozott be és ott 1942-ben érettségizett. Ezután a Műegyetem Mezőgazdasági Karára jelentkezett, ahol tanulmányait kényszerűen félbeszakította az 1944. év végén kapott katonai behívás miatt. Karácsony után segítségével Németországba vitték, 1945 tavaszán amerikai hadifogságba került. Onnan csak 1946 tavaszán tudott, mint szökevény, hazajutni. Egyetemi tanulmányait hazakerkezése után folytatta és 1948-ban ismét kénytelen volt felfüggeszteni, tekintve, hogy kiskereskedő édesapja megbetegedett és reá hárult a család eltartása. 1951-ben nyert felvételt az OMI-ban, ahol az ekkor kezdődött nyolc hónapos katonai tanfolyam elvégzése után az Agrometeorológiai Osztályba helyezték. 1952-ben megnősült. 1954-ben engedélyt kapott egyetemi tanulmányai befejezésére, december 8-án kapta kézhez mezőgazdasági oklevelét. 1958. január 1-én az akkor alakult Biometeorológiai Osztályra helyezték át kutatói beosztásban, ahol üvegházi mikroklima vizsgálatokkal, a lucerna kártevők elleni védekezéssel kapcsolatos biometeorológiai problémákkal foglalkozott. A nyári időszakban részt vett az OMI Balaton-kutatási biometeorológiai méréseiben. 1962 végén az Agrártudományi Egyetemen benyújtotta „*Nyolc őszi búza fajta fenológiai jelenségei és az időjárás*” című doktori disszertációját, amit a következő év februárjában sikeresen védett meg. Ezután részt vett a kultúr- és vadnövény fenológiai állomáshálózat felújításában és fejlesztésében, valamint a megfigyelések értékelésében. E témakörben több alkalommal volt módja külföldi tanulmányutakon ismereteit elmélyíteni a fenológia témakörében. Felesége 1967. őszén elhunyt, 1970-ben újra nősült, felesége a Kertészeti Egyetemen volt előadó. 1968. január 1-től osztályvezetői besorolásban az OMI titkárságvezetője volt, majd 1974. április 1-től az OMSZ Szakigazgatási Főosztályának lett a vezetője 1983-ban történt nyugállományba vonulásáig. Szakály József 1951-ben lett a MMT tagja. 1960-1980 között a Társaság főtákosára volt. 1970-ben METESZ Nagydíjban részesült, de több állami kitüntetést is kapott. Számos tudományos publikációja az OMSZ különböző kiadványaiban, periodikaiban látott napvilágot.

**A megemlékezést összeállította:
Dr. Simon Antal**

A meteorológia jövője Európában

Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) publikációs sorozatának első füzeteként megjelentette az EMS budapesti ülésén (2001. szept. 25-26) elhangzott előadások szövegét. A kiadvány 5 euro áron megrendelhető az EMS titkárságán (ems_sec@met.fu-berlin.de).

2003 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA

A **szeptember** országsszerte az átlagosnál hűvösebben kezdődött. 4-én, a hónap leghűvösebb napján a legmagasabb nappali hőmérséklet a 21°C-ot sem érte el az országban. A hónap második felében a nappali felmelegedés ugyan többször is meghaladta a 30°C-ot, az éjszakák azonban egyre hűvösebbek lettek, 26-án az Északi Középhegység egyes területein fagy is előfordult. Összességében az ősz első hónapjának középhőmérséklete meghaladta ugyan a szokásos értéket, de csupán néhány tized fokkal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: **32,0 °C**, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye) szeptember 22.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: **-1,4 °C**, Zabar (Nógrád m.), szeptember 26.

A szeptemberi országos csapadékmennyiség csak kevéssel maradt el a sokévi átlagtól. A csapadékhullás a hónap mintegy egyharmadára korlátozódott: 19 napon egyáltalán nem, vagy csak nyomokban fordult elő csapadék. A csapadékos napok többségében csak kisebb záporok, zivatarok eredményeztek helyi, néhány mm-es csapadékhullást, 10-12-én és 29-én fordult csak elő nagyobb csapadékot hozó országos esőzés.

A napfénytartam havi átlagos összege 224 óra volt, ami 15 %-kal több a sokévi átlagnál.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: **78 mm**, Szentgotthárd-Farkasfa (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: **0,1 mm**, Budapest, Lágymányos

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: **54 mm**, Sátoraljaújhely (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), szeptember 11.

Október szinte nyáriasan meleg időjárással vette kezdetét, a hónap elején, különösen a keleti országrészben, 26-27°C-os napi maximumok is előfordultak. A kezdeti három meleg napot követően azonban hűvösebbre fordult az idő. Az egymást követő két hűvös- és a hónap végi meglehetősen hideg periódusnak köszönhetően október középhőmérséklete a sokéves átlagnál mintegy 2-3 °C fokkal alacsonyabbnak adódott. Október 19-től kezdve szinte minden éjszaka fagyos volt (amikor a minimumhőmérséklet 0°C alá süllyed). A legcsípősebb napon, október 24-én pedig a legmagasabb nappali hőmérséklet is csupán -1 és 4°C között alakult az ország területén.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: **27,3 °C**, Baja, Szeged, október 3.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: **-7,9 °C**, Hidasnémeti (Borsod-Abaúj-Zemplén m.), október 25.

Októberben az országos csapadékmennyiség jóval meghaladta a sokévi átlagot, 90 mm körül alakult. A Dunán-

túl északnyugati részén a szokásos mennyiség közel kétszerese, máshol két-háromszorosa hullott le. A hideg időjárás következtében 23-24-én az esőzést havazás váltotta fel, és meglepő módon a hó egyes területeken nem olvadt el azonnal, több helyen tíz cm-nél is vastagabb hótakaró borította néhány napon át a felszínt.

Októberben mintegy 133 órán át volt napsütés az országban, ami 22 órával kevesebb a sokévi átlagnál.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: **147 mm**, Sonkád (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: **41 mm**, Tésa (Pest m.)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: **64 mm**,

Hahót (Zala megye), október 4.

November az átlagnál melegebb idővel köszöntött be, november 1-jén, a hónap legmelegebb napján a legmagasabb nappali hőmérséklet a 19-23°C-ot is elérte. 5-étől kezdve az éjszakák többsége fagyos volt, a hónap utolsó harmadát kivéve, amikor is egymást követő 8 éjszaka regisztráltak 0°C feletti minimumhőmérsékleteket. A nappali legmagasabb hőmérséklet még 13-án, november leghidegebb napján sem süllyedt 0°C alá, 1-8°C között alakult az ország területén. A hónap közepén bekövetkezett jelentősebb lehűlés ellenére november középhőmérséklete összességében mintegy 2°C-kal meghaladta az ilyenkor szokásos értéket, 6,6°C-nak adódott.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: **22,8 °C**, Homokszentgyörgy (Somogy megye), november 1.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: **-9,8 °C**, Zabar (Nógrád megye) november 13.

Novemberben, országos átlagban 37 mm csapadék hullott, mintegy 30%-kal kevesebb, mint ilyenkor szokásos, azonban a csapadékhullás megoszlása országon belül meglehetősen egyenlőtlenül alakult. Míg a déli, délnyugati országrészben a lehullott csapadékmennyiség elérte, sőt meg is haladta a 30 éves átlagértéket, addig az északi és keleti területeken sokhelyütt a sokéves átlag 20%-a körül alakult. A hónap során havazást csak az Északi-középhegységben, és ott is mindössze három napon regisztráltak.

A napfénytartam november havi összegének országos átlaga 96 óra volt, ami a szokásost 32 %-kal meghaladja.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: **95 mm**, Barcs (Somogy megye)

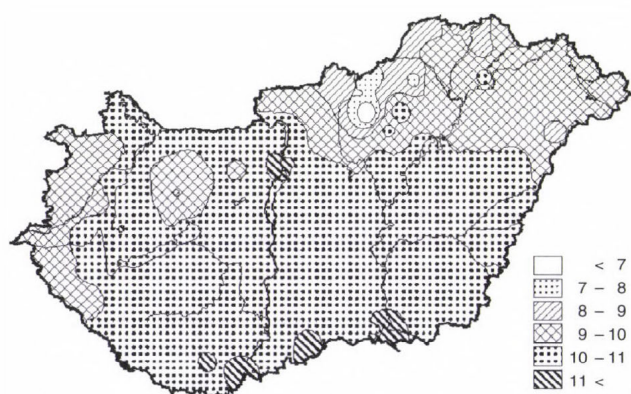
A hónap legkisebb csapadékösszege: **13 mm**, Csorna (Győr-Moson-Sopron megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: **69 mm**, Barcs, november 1.

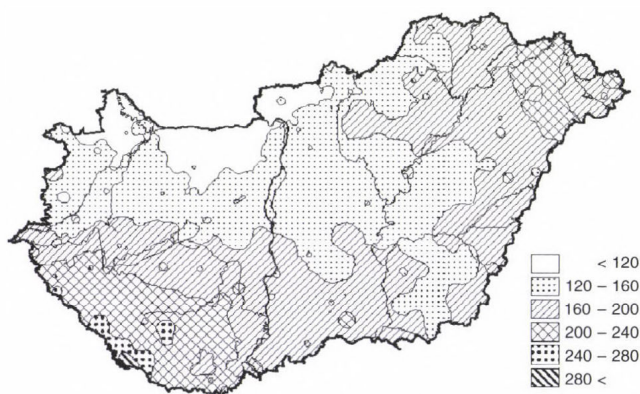
Schirokné Kriston Ilona, Schlinger Vera

2002/2003. tél

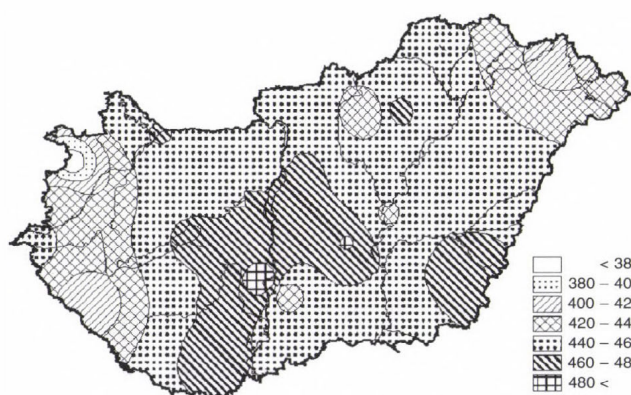
Állomások	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél
	évsz.össz	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz	az átlag%-ában	1mm->napok sz.	viharos napok
Szombathely	430	37	9,7	0,1	28,7	2003.09.22	-5,6	2003.10.25	112	74	19	7
Nagykanizsa	403	9	9,7	-0,2	28,8	2003.09.21	-6,7	2003.10.26	202	110	23	2
Győr	462	53	10,5	0,1	31,3	2003.09.22	-5,1	2003.11.12	115	91	19	5
Siófok	465	28	11,0	-0,1	27,9	2003.09.23	-2,0	2003.11.14	134	96	15	10
Pécs	465	12	11,1	0,1	30,3	2003.09.22	-3,1	2003.10.26	194	138	21	3
Budapest	472	51	10,9	0,2	30,0	2003.09.22	-2,8	2003.11.13	150	120	16	4
Miskolc	442	66	9,8	0,4	29,1	2003.09.20	-4,9	2003.10.25	158	133	21	2
Kékestető	424	-34	5,7	-0,5	21,7	2003.09.20	-7,2	2003.10.25	190	95	21	21
Szolnok	437	-5	11,0	0,4	30,6	2003.09.22	-4,4	2003.11.13	130	120	21	–
Szeged	442	-17	10,7	-0,1	29,9	2003.09.23	-5,1	2003.10.26	170	168	20	6
Nyíregyháza	–	–	9,7	0,0	28,5	2003.09.22	-4,8	2003.11.14	184	160	22	8
Debrecen	442	11	10,2	0,0	30,0	2003.09.22	-4,8	2003.10.25	166	146	20	1
Békéscsaba	474	27	10,8	0,2	31,0	2003.09.22	-5,6	2003.11.13	143	127	16	–



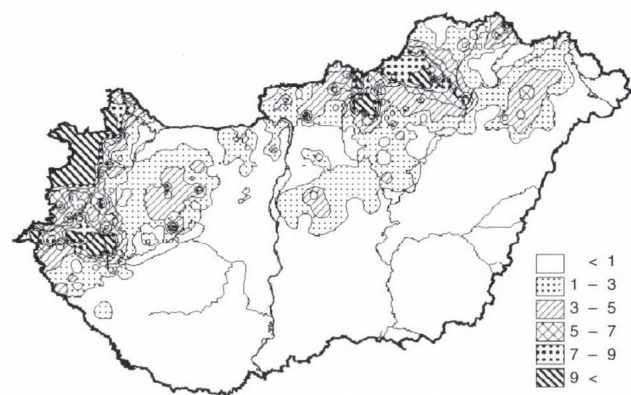
1. ábra: Az őszi középhőmérséklete °C-ban



2. ábra: Az őszi csapadéka mm-ben



3. ábra: Az őszi napfénytartama órákban



4. ábra: A 2003. október 24-i hóvastagság cm-ben

A 2003. év összefoglaló tartalomjegyzéke

XLVIII. évfolyam 1. szám

Hunkár Márta: METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2003.	2
Czelnai Rudolf: Miről beszélne Neumann János ezen a Meteorológiai Világnapon?	4
OLVASTUK: A Mars jégrejtegei	8
Zsótér Ervin: Prognózis értékelési rendszer az OMSZ Előrejelző Osztályán	9
Dobosi Erzsébet, Jenki Szilvia, Újváry Katalin: A 2001. év sikertelen prognózisai	18
Ádám Ferenc, H. Bóna Márta, Kocsis Ferenc: Mi mennyi? – A meteorológiai prognózisok interpretálásában	22
Schirokné Kriston Ilona: A 2002. év időjárása	30
Dr. Mersich Iván: Dr. Stollár András (1935–2003)	34
OLVASTUK: Negyedszázada indult el az első Meteosat műhold	34
Hágel Edit, Ács Ferenc: A számítógépek alkalmazása az agrometeorológia oktatásában	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	38
OLVASTUK: Növekszik Földünk lapultsága?	38
KISLEXIKON	38
Schirokné Kriston Ilona: 2002. őszenek időjárása	39

XLVIII. évfolyam 2. szám

Götz Gusztáv, Radnóti Gábor, Horányi András: Miért nem lehetnek az időjárás-előrejelzések sohasem egészen pontosak?	2
Újváry Katalin: Igazi tél; hideg is, hó is	5
OLVASTUK: Vaisala díj	8
Ács Ferenc, Druza Miklós: A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására	9
KISLEXIKON	16
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 1. rész	17
Dr. Tar Károly: Globális széleenergia konferencia	22
Horváth Szilvia, Makra László, Kósa Emőke, Motika Gábor: A meteorológiai elemek és a fő légszennyező anyagok koncentrációi közötti kapcsolat egy objektív becslése Szegeden	23
Anda Angéla, Lőke Zsuzsa, Varga Balázs: A standard meteorológiai állomás adatainak felhasználási lehetősége mikrometeorológiai szimulációs modell inputjaként	28
Makainé dr. Császár Margit (1931–2003)	34
Nagy Árpád (1918–2003)	35
Roszik Róbert: Jégeső Sopronban	36
Roszik Róbert: Felhőszakadás Győrött	37
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	38
Kósa-Kiss Attila: Elliptikus korona (koszorú)jelenség	42
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: A 2002/2003-as év telének időjárása	43

XLVIII. évfolyam 3. szám

Dr. Mersich Iván: Dr. Zách Alfréd ny. igazgató 1910–2003	2
Makra László, Helmut Mayer, Béczi Rita, Borsos Emőke: Szeged légszennyezettségének értékelése különböző módszerekkel	3
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 2. rész	8
Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye	13
Dr. Domonkos Péter: Miért fáztunk sokat 2002/2003 telén?	14
Kósa-Kiss Attila: A város határában	16
Makra László: Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére, III.	17
Dunkel Zoltán: Jelentés a Meteorológiai Világszervezet XIV. Kongresszusáról	24
Dr. Gyuró György: Tíz éves az új rendszerű doktori képzés	30
OLVASTUK: Forró foltok – élethelyek?	31
OLVASTUK: Az eső járása hosszú idő alatt	32
KISLEXIKON	33
OLVASTUK: Jelentés az ózonlyukról	34
Cirrus, cumulus, stratus	34
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	35
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 tavaszának időjárása	37
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 nyarának időjárása	39

XLVIII. évfolyam 4. szám

Ambrózy Pál: Dr. Aujeszký László – egy sokoldalú meteorológus	2
OLVASTUK: Felmérés a világ meteorológiai szolgálatairól	5
Adomány	5
Dr. Götz Gusztáv: A Neumann János-legenda	6
Bartha Imre: „Biztonságos turizmus – összefoglalás a Balaton biztonságáért	10
Hirsch Tamás, dr. Kalmár Elena, Babolcsai György: Rendkívül korai hótakaró Magyarországon	13
Roszik Róbert: Tél az őszben	20
Gajzágó László: Örményi Imre (1932–2003)	22
Unger János: Fejezetek a városklimatológiából – 3. rész	23
KISLEXIKON	29
Divéky Erika: Ózonmérés Szegeden a XIX. században	30
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	36
Dr. Simon Antal: Évfordulók, 2003	37
Schirokné Kriston Ilona, Schlanger Vera: 2003 őszenek időjárása	39
A 2003. év összefoglaló tartalomjegyzéke	41

