

LÉGKÖR

56. évfolyam

2011. 1.szám



BÓNA MÁRTÁRA EMLÉKEZÜNK

A búcsúbeszédet, mely alapján a megemlékezés készült, Vadász Vilmos kollégánk mondta el a budakeszi Havas Boldogasszony római katolikus templomban 2011. június 9-én.

Május 31-én nagy veszteség érte a meteorológus társadalmat. Olyan munkatársat veszítettünk el, akinek munkaszeretete, megbízhatósága, kitartása, szorgalma példa értékű sokunk számára.

Bóna Márta 1968-ban, közvetlenül matematika-fizika és meteorológus diplomája megszerzése után helyezkedett el az Országos Meteorológiai Szolgálatnál.

Rév-Komáromban született 1944. július 24-én. Családja 1947-ben költözött Magyarországra. Az általános iskolát Rácalmás, a gimnáziumot Székesfehérváron végezte.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál az előrejelzés különböző területein dolgozott. Több évtizeden keresztül tájékoztatta a TV képernyőjén és a rádió csatornáin keresztül az ország lakosságát az időjárás alakulásáról. Már a 70-es évek eleje óta rendszeresen hallhatuk megnyugtató, kellemes hangját a Magyar Rádió reggeli, déli és esti Krónikaiban, a körzeti időjárás jelentésekben. Később a Magyar Televízió meteorológiai adásainak is rendszeres szereplője lett, 2005 óta a Hír TV-ben láthattuk. Megszólalásaiban úgy törekedett a legmagasabb szintű szakmai hitelességre, hogy közben közérthető, követhető legyen. Nagy hangsúlyt fektetett a magyar nyelv helyes használatára, került az idegen szavakat és az olyan szakkifejezéseket, melyek ismeretlenek voltak a hallgatók vagy nézők többsége számára. Mindezeknek nagy szerepe lehetett abban, hogy tagja lett a Magyar Rádió Mikrofonbizottságának is. Hogy munkája mennyire eredményes volt, azt az is mutatja, több ízben a leghitelesebb televíziós, női meteorológusnak választották. Nem kis

szerepe volt tehát abban, hogy a rádiós, televíziós időjárás jelentések népszerűek lettek, és a meteorológusok a legszélesebb körnek át tudták adni a várható időjárásra vonatkozó ismereteiket. Úgy törekedett érdekfeszítő, színes, jól érthető megfogalmazásra, hogy mindig került a hatásvadász elemeket. Előadásmódja az utóbbi időben különösen felértékelődött, amikor sok média szereplő értékrendjében nem az elsők között szerepel a hitelesség, szakmai korrektség.

Mindig szeretettel, nagy empátiával segített a pályakezdő kollégáknak, derűs, nyugodt természetével jó légkört teremtett maga körül. A hazai meteorológiai közéletben is aktív szerepet vállalt.



Hosszú időn keresztül tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaság választmányának és a LÉ GKÖR szerkesztőbizottságának, ahol nemcsak szerkesztői munkát végzett, de rendszeresen cikkeket is írt a folyóirat számára. Kiemelkedő szakmai tevékenységéért 2001-ben Pro Meteorológia Emlékplakett miniszteri kitüntést kapott.

Munkáját nyugdíjasként is folytatta – nap, mint nap találkoztunk barátságos mosolyával, kedves szavaival. Megdöbbentő hirtelenséggel, súlyos betegséggel folytatott rövid küzdelem után távozott közülünk.

Május elsején még dolgozott, elkészítette a Hír TV számára a szokásos anyagot, a rá jellemző gondnal, alaposan.

Búcsúztatásán családja, kollégái, barátai és nem utolsósorban lakhelyének szerető közössége vett tőle búcsút. Székesfehérváron a Ciszterci templomban helyezték őt végső nyugalomra.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

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

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a **legkor@met.hu** címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábra is tartozik, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

LÉGKÖR

56. évfolyam
2011. 1. szám

Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit

Bihari Zita olvasó szerkesztő

Haszpra László

Hunkár Márta

Móring Andrea éghajlati összefoglaló

Sáhó Ágnes technikai szerkesztő

Szudár Béla

Tóth Róbert

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

Dunkel Zoltán

az OMSZ elnöke

Készült:

HM Térképészeti Nonprofit Kft.

nyomdájában

800 példányban

Felelős vezető:

Németh László

üv. igazgató

Évi előfizetési díja 1760 Ft

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

Budapest Pf. 38 1525

E-mail: legkor@met.hu

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON

Köd a Zugligetben - Bonta Imre (2011. január 17.)

Bóna Mártára emlékezünk2

Elhunyt Kozma Ferencné.....4

TANULMÁNYOK

Mészáros Ernő: Az élet meghatározó eleme: az oxigén5

Major György: A fotoszintetikus aktív sugárzás hazai vizsgálata10

**Pátkai Zsolt: Az Időjárás-előrejelző Osztályon 2009-ben készült
előrejelzések verifikációja.....16**

KRÓNIKA

Bottyán Zsolt: Légköri üvegházhatás a közetbolygókon23

Bikfalvi Géza: A jezsuiták meteorológiai tevékenysége27

Sáhó Ágnes: Kislexikon31

Beáta Balogh: A Magyar Meteorológiai Társaság hírei32

Móring Andrea: Meteorológiai Világnap 201133

Móring Andrea: 2010/2011 telének időjárása36

Móring Andrea: 2010 év időjárása.....38

Varga Miklós: Történelmi arcképek, Urbain Jean Joseph Leverrier43

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE

Fog above Zugliget, Bonta Imre, 17 January 2011

Memory of Ms Márta Bóna2

Ms Erzsébet Kozma deceased.....4

STUDIES

Ernő Mészáros: Oxygen, the Life Controlling Element5

György Major: A PAR Investigation made in Hungary10

**Zsolt Pátkai: Verification of Forecasts made in the Weather Forecasting
Division in 2009.....16**

CHRONICLE

Zsolt Bottyán: Atmospheric Green House Effect on Rocky Planet23

Géza Bikfalvi: Meteorological Activity of Jesuits27

Ágnes Sáhó: Pocket Encyclopaedia31

Beáta Balogh: News of MMT – Hungarian Meteorological Society32

Andrea Móring: World Meteorological Day 2011.....33

Andrea Móring: Weather of Winter 2010/2011.....36

Andrea Móring: Weather of 2010.....38

Miklós Varga: Urbain Jean Joseph Leverrier43

KOZMA FERENCNÉ (sz. Tóth Erzsébet)

Csorvás, 1935. október 7. – Budapest, 2011. június 3.

Dunkel Zoltán

Országos Meteorológiai Szolgálat; 1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1. dunkel.z@met.hu

Harmincnégy év szinte egy emberöltő. Ennyi éven át szolgálta a Magyar Meteorológiai Intézetet – majd Szolgálatot - Tóth Erzsébet, ösztöndíjas gyakornokként kezdve és igazgatóhelyettesként befejezve.

Annak a nagy meteorológus generációnak volt a tagja, akik az önálló képzés megindulása során szerezték meg meteorológus diplomájukat. Szakmai pályafutása töretlenül kötődött a meteorológia egy speciális területéhez, amit nagyon leegyszerűsítve agrometeorológiának nevezhetünk. Az éghajlati kutatás keretében írt egyetemi doktori értekezése, mely a talaj hőforgalommal, párolgászámítással, talaj közeli turbulens átvitellel foglalkozott, a maga korában nagyon újszerű és előremutató volt. A benne foglaltak további tudományos dolgozatokat inspiráltak, sőt sok, akkortájt szakdolgozatát készítő leendő meteorológusnak adott alapot a tudományos pályán való elinduláshoz. Ha alkalma adódott, igyekezett segíteni a fiatal kutatóknak belépni a szakmai közéletbe.

Eredményeit, ötleteit készséggel osztotta meg a pályakezdőkkel. Az intézet három nagy közös munkájában vett részt, a Balaton kutatásban, a Fertő-tó vízháztartásának vizsgálatában és a Konzerv programban. Szakmai, tudományos kutatói pályafutását segítette, hogy angliai tanulmányúton vett részt 1968-ban. Az angol nyelvismeret mellett oroszul is jól beszélt. Tárgyalási szintű nyelvismerete lehetővé tette, hogy különböző szakmai értekezleteken, az akkori időkben elsősorban a szocialista országok közötti munkacsoportokban, képviselje a magyar agrometeorológiát, de tevékenykedett a Meteorológiai Világszervezet megfelelő munkabizottságaiban, sőt a nyolcvanas évek második felében meginduló magyar-

amerikai éghajlati együttműködésnek is egyik meghatározó személyisége és mozgatója volt.

A szakmai, elsősorban kutatói feladatok és munkák mellett sorra vállalt el vezetői megbízásokat. Előbb csoportvezetői kinevezést kapott 1969-ben, majd 74-ben



osztályvezető lett. Ebből a beosztásból emelkedett ki 1981-ben az akkori Központi Légekörfizikai Intézet igazgatóhelyettesévé. A Szolgálat átszervezése után, amikor az agrometeorológiai részleg a Légekörfizikai Intézetből átkerült a Központi Meteorológiai Intézetbe, ott is igazgatóhelyettesként folytatta pályafutását, s dolgozott ebben a minőségben nyugállományba vonulásáig. Igazi, született vezető volt. Tekintélye magától, a lényéből adódott. Ez a tekintély akkor is megmaradt, ha a munkaidőn túl részt vett az akkor gyakori, vállalati összejöveteleken vagy a közös kiküldetések munkaidőn túl nyúló részében. Tudta hol a határ a munka és a szórakozás között. Szerette az életet, de tudott fegyelmet, mértéket tartani. A szakmai munka mellett aktív odaadó közéleti tevékenységet is vég-

zett társadalmi szervezetekben. A Magyar Meteorológia Társaság választmányi tagjaként sokat tett a Társaságért, többek között fő szervezője volt több Vándorgyűlésnek.

1990. október 10-én vonult nyugdíjba. Szakmai munkáját mindenkor a megbízhatóság, a lelkesedés, az alapos felkészültség, a gyorsaság, a pontosság és a lelkiismeretesség jellemezte. Sajnálatos, hogy nyugdíjba vonulása egyúttal a szakmai közélettől való elszakadást is jelentette.

Egykori beosztottai, kollégái tisztelettel és szeretettel emlékeznek rá.

AZ ÉLET MEGHATÁROZÓ ELEME: AZ OXIGÉN

OXIGEN, THE LIFE CONTROLLING ELEMENT

Mészáros Ernő

a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja

Pannon Egyetem Föld- és Környezettudományi Intézeti Tanszék, H-8201 Veszprém Pf. 158.

amolnar@almos.uni-pannon.hu

Összefoglalás: A tanulmány célja, hogy röviden vázolja az oxigén elem környezeti előfordulását, jelentőségét és felfedezésének történetét. Megmagyarázza, hogy miért játszik olyan fontos szerepet bolygónk élővilágában. A cikk azt a következtetést vonja le, hogy az oxigén nemcsak a légkör legfontosabb összetevője, hanem a Földön minden természetes energia-termelés forrása.

Abstract: The aim of this paper is to give a short account of the environmental occurrence, significance and discovery of the element, oxygen. The reasons for its role in the life on our planet are discussed. One can conclude that oxygen is not only the key constituent of the atmosphere, but this element controls all important natural energy production processes on the Earth.

Bevezetés

Az embert a Földön különböző anyagok veszik körül, amelyek kémiai elemekből, illetve az ezekből felépülő vegyületekből állnak. Életünket, tevékenységünket alapvetően meghatározza az elemek, vegyületek mozgása, valamint kölcsönhatásuk egymással és nem utolsósorban az élő szervezetekkel. Így egyáltalában nem mindegy, hogy környezetünkben milyen vegyületek, elemek fordulnak elő.

Földünkön a legnagyobb mennyiségben a vas fordul elő, döntő mértékben a bolygó izzó magjában. A vasat különböző vegyületeiben az oxigén követi, így a földkéregben és a vízburokban az oxigén tömege a legnagyobb. Mintegy $33 \cdot 10^{18}$ kg. Légkörünkben az oxigén, szabad állapotban (más elemekkel nem vegyülve) kereken 21 térfogatszázalékban fordul elő (tömege $1,2 \cdot 10^{18}$ kg). Azt mondhatjuk tehát, hogy bolygónk azon részein, ahol az élet zajlik, az oxigén a legnagyobb tömegben található elem.

A légkör oxigéntartalma a bioszférának köszönhető. A napenergiát felhasználó baktériumok és növények ugyanis az életműködésükhöz szükséges szénhidrátokat, cukrokat a légköri szén-dioxid és a víz felbontásával állítják elő. A vízből a baktériumok és növények a hidrogént használják föl, míg az oxigént a környezetbe bocsátják. A kibocsátott oxigén viszont a bioszféra másik fontos részét, az állatvilágot látja el a légzés révén energiával. Ebből következik, hogy oxigén nélkül fejlettebb élet egyáltalán nem létezne. Arról már nem is beszélve, hogy az oxigén az élővilágnak, a bioszférának is legfontosabb eleme.

Az oxigén jelenléte azonban nem csupán testünk belső energiáját biztosítja. Közismert, hogy tüzelésnél az ember az oxigént már közel egymillió éve használja.

Nemcsak a belső (légzés), hanem a szükséges külső energiát (meleget) is az oxigénnek köszönhetjük. Tűz nélkül elképzelhetetlen az emberi történelem és gazdasági tevékenység. Sajnos ma már a tüzelőanyagok felhasználása olyan méreteket öltött, hogy a légköri oxigén koncentrációjának némi csökkenése is kimutatható. Az oxigénnek továbbá az ember szempontjából káros tulajdonsága, hogy előidézi a különböző gépek és műtárgyak rozsdásodását.

Az oxigén a levegőben molekuláris állapotban fordul elő, amely két oxigénatomból tevődik össze. A felsőlégkörben a napsugárzás hatására ezek a molekulák két, atomos oxigénre esnek szét, amelyek molekuláris módosulatukkal háromatomos molekulákat, ózont képeznek. Az ózon elnyeli a Napból érkező, a bioszféra számára halálos ultraibolya sugárzást, amely lehetővé teszi a szárazföldi életet. Ózon, jóval kisebb mennyiségben, az alsó légkörben is keletkezik. A felszín közelében az ózon, és a bomlása után létrejövő oxigéntartalmú atomcsoportok (tudományos nevükön szabad gyökök) különböző gázokat oxidálnak, így kivonják őket a levegőből. Az oxigén, illetve a belőle keletkezett ózon ily módon az alsólégkör, a troposzféra tisztántartásáról is gondoskodik.

A szabad oxigén a földi éghajlat szabályozásában közvetlenül nem vesz részt. Ugyanakkor a sarki jégben, illetve az óceánfenékben lévő különböző számú neutron tartalmazó izotópjainak vizsgálata segít bennünket a múlt éghajlatváltozásainak megítélésében. Ennek a jelenleg megfigyelt globális felmelegedés okainak feltárásában van különös jelentősége.

Jelen tanulmány célja, hogy röviden felvázoljuk az oxigén környezeti előfordulását és jelentőségét, és azokat az okokat, amelyek az oxigént az élet meghatározó elemévé teszik. Ezek ismerete elősegítheti, hogy vizsgál-

lataink színterét, a légkört szélesebb távlatokban szemléljük.

Felfedezés és elnevezés

Az oxigént, pontosabban a levegőben lévő oxigént a tizenharmadik század második felében egymástól függetlenül az angol Joseph Priestley, illetve a svéd Carl Wilhelm Scheele fedezte föl. Felfedezését elsőként az angol kutató tette közzé. Közleményében leírja, hogy amikor magas hőmérsékleten folyékony higanyt égetett el, akkor fehér por (higany-oxid) keletkezett. A port vákuumban hevítve tüzet tápláló gáz jött létre. Az angol tudós azt is kimutatta, hogy ez a tüzet tápláló gáz a levegő térfogatának mintegy negyedét foglalja el. A gázt a görög „oxys” (sav) és „genes” (nemző, csináló) szavak alapján oxigénnek 1777-ben Antoine Lavoisier, a modern kémia francia megalapítója nevezte el. Helytelenül úgy gondolta, hogy minden sav oxigént tartalmaz. Ugyanakkor, helyesen, először magyarázta meg, hogy az égés oxidációt jelent.

A történethez hozzátartozik, hogy Robert Boyle ír vegyész, illetve Richard Lower angol orvos az oxigén felfedezése előtt már mintegy száz évvel korábban rámutatott arra, hogy a levegő jelenléte az állatok életének elengedhetetlen feltétele. Majd 1872-ben Daniel Rutherford skót orvos-kémikus azt tapasztalta, hogy zárt kamrákban tartott egerek előbb-utóbb elpusztulnak. Az oxigén felfedezése után vált nyilvánvalóvá, hogy az állatoknak (és az embernek) anyagcseréjükhöz oxigénre van szükségük: a légzés tulajdonképpen oxidáció.

Atomok és molekulák

Az oxigénnek a bevezetőben vázolt kiemelkedő jelentősége különleges tulajdonságainak köszönhető. Az oxigén atommagja nyolc elektromosan pozitív töltésű protont tartalmaz. Ebből következik, hogy a mag körül nyolc negatív töltésű elektron kering. Kettő a belső, hat a külső pályán. A Természetben előforduló oxigénatomok 99,76%-a a protonokon kívül nyolc semleges neutronból áll, így atomtömegük kerekén 16 egységgel egyenlő (kémiai jelük ^{16}O). Ezen kívül az oxigénnek kis mennyiségben két másik stabilis (ti. nem radioaktív) izotópja is előfordul. Így vannak kilenc (^{17}O), illetve tíz (^{18}O) neutronot tartalmazó változatai is. Ezek előfordulása rendre a teljes tömeg 0,039%, illetve 0,201%-a.

Adottságainak megfelelően az oxigén a periódusos rendszer tizenhatodik oszlopának a tetején helyezkedik el. Mint ismeretes, a periódusos rendszerben azok az elemek vannak azonos oszlopban, amelyek kémiai tulajdonságai hasonlóak. A kémiai hasonlóság annak a következménye, hogy az adott csoport elemeinek külső elektronpályáján, korszerűbb elnevezéssel elektronhéján,

azonos számú elektron kering. Így az oxigén oszlopában helyezkedik el a kén (S), a szelén (Se), a tellúr (Te) és a polónium (Po). A polónium kivételével, ezek az elemek, az oxigénnel együtt, nemfémek, és a közetek felépítésében fontos szerepet játszanak.

A külső pályát vegyértékhéjnak is nevezzük, mivel a rajta lévő elektronok száma határozza meg, hogy az atom milyen más atomokkal alkothat molekulákat. A kémiai egyesülés során ugyanis az atomok arra „törekednek”, hogy külső elektronhéjuk telített legyen. Az oxigénatom telítéséhez két elektron szükséges. Az oxigén az oszlopában lévő többi említett elemtől abban különbözik, hogy csak elektronfelvételre képes, így vegyértéke (másként kifejezve: oxidációs foka) mindig negatív és kettővel egyenlő. Szobahőmérsékleten az oxigén az elemek nagy részével egyesül, vegyületet képez. Ilyenkor a másik elem elektronokat ad le, oxidálódik. Ugyanakkor az oxigén elektronokat vesz fel, azaz redukálódik. Az oxidáció fontos ismérve, hogy mindig energia felszabadulással jár. Szervezetünk ezért a légzés során energiát termel.

Oxidáció az égés is. Ha az oxidáció során olyan mennyiségű energia szabadul fel, hogy az oxidálódó anyag eléri gyulladási hőmérsékletét, akkor tűz keletkezik. Erre a gyors oxidációra a fa vagy más tüzelőanyagok elégetése szolgáltat példát. A levegőnek kitett fémanyagok rozsdásodása, illetve a szerves anyagok oxigén jelenlétében végbemenő bomlása viszont a lassú oxidációt példázza. Végül, az oxigénatom annyira reakcióképes (lásd később), hogy saját hasonmásával is egyesül, két atomból álló molekulát (O_2) alkot.

Az oxigén fontos tulajdonsága, hogy forráspontja -183°C . Így, a környezetben előforduló hőmérsékleteken, gázformában fordul elő. Az oxigéngáz sűrűsége normál hőmérsékleten (0°C) és nyomáson (1013 hPa) 1,43 g/l, azaz mintegy hétszázszor kisebb, mint a víz sűrűsége. Gázhalmazállapotban az oxigén színtelen és szagtalan. Az oxigén gázállapotban az elektromágneses sugárzás ultraibolya tartományában nyel el. Így a magasabb légkörben a napsugárzás spektrumából kivonja a 200 nm-nél rövidebb hullámhosszakokat. Az elnyelt sugárzás (energia) következtében gerjesztett állapotba kerül. A megnövekedett energia a molekulákat szétbontja, és atomos oxigén keletkezik. A molekuláris és atomos oxigén egyesülése hozza létre a háromatomos módosulatot, amit ózonnak nevezünk.

Ózon

Az ózont 1839-ben Christian Friedrich Schönbein fedezte fel. Megfigyelte, hogy elektromos kisülések alkalmával különös szagú gáz keletkezik. Ezért a gázt a görög szaglani („ozein”) szó után nevezte el. Mint a tudomány történetében számos esetben, a felfedezőnek fogalma

sem volt felfedezése jelentőségéről. Ez akkor vált nyilvánvalóvá, amikor az angol Walter N. Hartley 1881-ben rámutatott, hogy a napsugárzásból a 300 nm-nél rövidebb hullámhosszú, un. ultraibolya (UV) sáv hiányzik, mivel ezeket a *nagyenergiájú sugarakat az ózon elnyeli*. Ily módon kivonja a Nap spektrumából azt a sávot, amely szétroncsolná az élővilág bonyolult szerves molekuláit. A 20. század elején végzett speciális mérésekből az is kiderült, hogy az ózonomolekulák többsége a magasabb légkörben, a mintegy 15-55 km-es magasságú rétegben, a *sztratoszférában* található. A megfigyelések azt is kimutatták, hogy ebben a légköri tartományban a hőmérséklet lassan növekszik a magassággal, pontosan az ózon UV sugárzást elnyelő képessége miatt.

Az ózon keletkezése viszonylag egyszerű folyamat. Az oxigénmolekulák UV sugárzás hatására végbemenő bomlását és az ezt követő reakciót az oxigénatomok, illetve molekulák között az angol Sidney Chapman már 1930-ban leírta. Ezzel szemben az ózon bomlása a sztratoszférában, ahogy ez a 20. század második felében kiderült, sokkal bonyolultabb, mint azt Chapman elképzelte. Ez azt jelenti, hogy a kémiai mechanizmusban nemcsak az oxigén módosulatai vesznek részt. Szerepet játszanak az alsó légkörből érkező más nyomgázok¹ is. Paul Crutzen holland-német levegőkémikus mutatott rá 1970-ben, hogy ezek közül legfontosabb a talajeredetű dinitrogén-oxid (N_2O), amely a sztratoszférában nitrogén-monoxiddá (NO) bomlik el. Az ózont lebontó gázok egy része az emberi tevékenység során kerül a levegőbe. Az amerikai Sherry Rowland és a mexikói származású Marino Molina laboratóriumi kísérletei világossá tették (az erről készült cikk 1974-ben jelent meg), hogy a hűtő- és vivőanyagként használatos klórtartalmú freonok az UV sugárzás hatására a sztratoszférában elbomlanak. A bomlás során klóratomok jönnek létre, amelyek kivonják az ózont a levegőből. Munkájukért, Crutzennel együtt, 1995-ben kémiai Nobel-díjban részesültek. Sőt a kutatások arra is fényt derítettek, hogy a freonokból származó klór hozza létre különleges meteorológiai feltételek mellett a tavaszi antarktiszi ózonlyukat is, amely ékesen bizonyítja, hogy az ember a környezetet ma már földi léptékben is módosítja. Szerencsére nemzetközi egyezményeknek köszönhetően, a freonok gyártása és felhasználása az utóbbi években jelentősen csökkent.

A sztratoszferikus ózon részben az alsó légkörbe, a *troposzférába* jut, ahol elbomlik. Ózon azonban a troposzférában is keletkezik. Az atomos oxigén forrása ebben az esetben a nitrogén-dioxid felbomlása a talaj közelébe még lejutó 400 nm hullámhosszú napsugárzás hatására. Tekintve, hogy ez a gáz nagy részben a járművekből származik, a talajközeli ózon jelentős hányada légszennyeződésnek tekinthető. Az ózon erős oxidálószer, így

közvetlenül nem jó molekuláival kapcsolatba kerülni. Károsítja a növényzetet, a különböző anyagokat (pl. gumicsöveket) és izgatja az emberek szemét és nyálkahártyáját. Nagyobb koncentrációban, más szennyezőanyagokkal együtt, sírást is kiválthat.

Szabad gyökök

Az oxidációt a levegőben nagyon sokszor nem maga a bőségesen rendelkezésre álló oxigén, hanem az oxigéntartalmú szabad gyökök váltják ki. A *szabad gyökök* olyan atomcsoportok, amelyek külső elektronhéján páratlan számú elektron kering. Ezért az atomcsoport nagyon reakcióképes: a páratlan számú elektron igen gyorsan párt keres magának. A legegyszerűbb szabad gyök a hidrogénatom, de szabad gyöknek tekinthetők olyan gáznemű vegyületek is, mint a nitrogén-monoxid vagy a nitrogén-dioxid. Ez egyszerűen úgy ítéltető meg, ha a vegyületben lévő elemek elektronjainak a számát összeadjuk. Ha az eredmény páratlan szám, akkor szabad gyökkel van dolgunk. Így a nitrogén-monoxidban a nitrogén elektronjainak száma hét, az oxigéné nyolc. A kettő összege tizenöt, azaz páratlan szám.

Szabad gyöknek tekinthető az oxigén is. Elektronjainak száma ugyan *páros*, de elektronjai mégis *párosítatlanok*. Ez azzal magyarázható, hogy az elektronok úgy viselkednek, mintha forognának.² Mivel „balra forgó”, illetve „jobbra forgó” elektronok vannak, két elektron akkor párosítatlan, ha mindketten az egyik csoporthoz tartoznak. Az oxigénatom külső elektronhéján keringő két elektron ilyen értelemben párosítatlan, következésképpen igen könnyen vegyületet alkot egy másik oxigénnel, vagy más atomokkal. Ennek hiányában környezetünk alapvetően más lenne, mint a jelenlegi környezet.

A szabad gyököket 1900-ban Moses Gomberg orosz származású amerikai vegyész fedezte fel, akinek 1900-ban sikerült széntartalmú szabad gyököket elkülöníteni. Azóta tudjuk, hogy a szabad gyökök a kémiai folyamatok szabályozásában milyen fontos szerepet játszanak. A szabad gyökök légköri szerepét csak mintegy negyven éve ismerjük. A *Science* c. folyóiratban 1971-ben jelent meg H. Levy amerikai vegyész tanulmánya, amelyben rámutatott, hogy a szabad gyökök a levegő kémiai reakcióinak elsődleges kiváltói.

Az oxigéntartalmú szabad gyökök légköri keletkezésének alapfeltétele az ózon jelenléte. Az ózonomolekulák napfény hatására végbemenő szétesése ugyanis nagy energiájú, gerjesztett oxigénatomok keletkezésével jár, amelyek képesek a vízgőzzel két *hidroxilgyököt* (OH)

¹ Az 1 térfogatszázaléknál kisebb, általában jóval kisebb koncentrációjú gázok elnevezése.

² Az elektronoknak ezt a tulajdonságát a tudomány spinnek nevezi. A kifejezés az angol forgás (*spin*) szóból származik. A névadást az magyarázza, hogy az elektronnak olyan nyomatéka van, mintha forogna.

alkotni. A hidroxilgyökök kifelé elektromosan semleges, így nem tévesztendő össze a *hidroxidionokkal* (OH^-), amelyek lúgos anyagok oldódásakor keletkeznek. A talajközeli levegőben, ahol bőségesen vannak szerves vegyületek, a hidroxilgyökök elősegíti olyan két oxigént tartalmazó szabad gyökök keletkezését, amelyek a nitrogén-monoxidot gyorsan nitrogén-dioxiddá alakítják át. Ezek a *peroxilgyökök*, amelyek kapcsolódhatnak hidrogénhez (HO_2), vagy valamilyen *R* szerves gyökhöz: RO_2 . A legegyszerűbb esetben ilyen szerves gyök a metilgyök (CH_3), amely a metánból keletkezik hidroxilgyökök hatására. A nitrogén-dioxid a rövidhullámú látható napsugárzás hatására leadja egyik oxigénjét, amely a molekuláris oxigénnel ózonná egyesül. Ilyen esetekben (pl. városi szennyezett levegő) az ózonkeletkezés meghaladja az ózonfogyást, és a talajközeli ózon mennyisége mintegy nyomonjelzője a levegő szennyezettségének.

A hidroxilgyökök koncentrációja nem túlságosan nagy. Számuk 1 cm^3 levegőben átlagosan mindössze 1 millió, szemben a levegőmolekulák számával, amely meghaladja a 10^{19} -t. Ennek ellenére szerepük igen lényeges. Kémiai reakciókkal kivonják a metánt, a szén-monoxidot és a szerves gázokat a levegőből, hogy csak a legfontosabbakat említsük. Ezeket az anyagokat a hidroxilgyökök a bioszféra számára felvehető szén-dioxiddá oxidálják. Ily módon az oxigéntartalmú gyökök fontos szerepet játszanak a levegő minőségének alakításában. Ugyanakkor a kén-dioxidból és nitrogén-dioxidból az OH gyökök savgőzöket hoznak létre. A kénsavgőz nagyon könnyen cseppfolyósodik, ezért a vízgőzzel igen apró, a milliméter ezredrészénél kisebb kénsav oldat-cseppeket, ún. *aeroszol részecskéket* alkot, amelyeket az ammónia ammóniumionok formájában semlegesít. Az így keletkezett ammónium-szulfát részecskék szórják a napsugarakat. Másrészt, mint kondenzációs magvak, felhőcseppeket képeznek, amelyek tovább gyengítik a felszínre érkező napsugárzást. A felhőkből hulló csapadék továbbá vizet biztosít a szárazföldi ökoszisztémáknak. Azt mondhatjuk tehát, hogy az ózon hatására keletkező szabad gyökök szerepet játszanak az éghajlat szabályozásában, valamint a víz körforgalmának alakításában.

Oxigéntartalmú szabad gyökök azonban nemcsak a környezetben, hanem testünkben is előfordulnak. Ezek az élőszervezetben is nagyon reakcióképes szabad gyökök az anyagszere folyamán lezajló oxidáció melléktermékei. Lehetnek szerves vagy szervetlen molekulacsoportok. Fontos szerepet játszanak a sejtek kommunikációs rendszerének szabályozásában, amelynek a sejtek egymás közötti információ-cseréjében van jelentősége. Ennek hibái megbetegedéshez, így rákképződéshez, illetve cukorbetegséghez vezetnek. Egyes környezeti ártalmak, például erős UV sugárzás hatására a szabad gyökök jelentősen felszaporodhatnak, ami bőrrák kialakulását okozhatja.

A legfontosabb oxigénvegyület: a víz

A földi élet szempontjából alapvetően fontos tény, hogy az oxigén egyik vegyülete, a víz a bolygón jelentős mennyiségben előfordul. A víz nemcsak az élőlények elengedhetetlen táplálója, hanem feltehetően az élet bölcsője is. Másrészt légkörünk (és kisebb mértékben vizeink) meghatározó sajátossága, a szabad oxigén jelenléte is a víznek köszönhető. A víz ezen kívül különlegesen jó oldószer. Ebből következik, hogy a vízben számos olyan ion jelenik meg, amely elengedhetetlen az élőlények számára. Oldott anyagok jelenléte nélkül az ivóvíz is élvezhetetlen lenne. Sőt a víz az oxigént is oldja, amely nélkül megszűnne a vízi ökoszisztémák élete.

A vízmolekulában az oxigénhez a két hidrogénatom 105 fokos szögben kapcsolódik egymáshoz. Az oxigén és a hidrogén jelentős tömegkülönbsége miatt az oxigén vonzza maga felé a hidrogénatomoknak a kémiai kötésben részt vevő elektronját. Ily módon a vízmolekula polárossá válik, azaz az oxigént tartalmazó oldala negatív, a másik pozitív töltésűvé válik. Ennek következtében a szomszédos molekulák vonzzák egymást. Ez az ún. *hidrogénkötés* összetartja a szomszédos molekulákat. Ennek a szilárd fázis, a hatszögesen kristályosodó jég felépítésében van nagy jelentősége. A hatszöges szerkezetre a légköri hókristályok szolgáltatnak példát. Amikor a hőmérséklet emelkedik, és a kristály megolvad, a belső szerkezet felbomlik, és a molekulák közelebb kerülnek egymáshoz. Ez okozza, hogy a jég térfogata nagyobb, mint a folyékony vízé. A Természetben ennek a sziklák mállása szempontjából van jelentősége, amikor a kőzet réseiben lévő víz megfagy. Másik, bioszferikus példát a sejtek megfagyását követő széttroncsolódásuk szolgáltatja.

A folyékony víz sűrűsége 4°C -on a legnagyobb, így a mintegy 4°C hőmérsékletű víz lesüllyed. Ebből következik, hogy felülről kezd befagyni, mivel a 0°C hőmérsékletű könnyebb víz a felszínre emelkedik. Majd a jég (pl. tavakban) jó hőszigetelésével télen megvédi a hidegtől a vízi élővilágot.

A víz a Földön mindhárom fázisban előfordul. A tengerek és óceánok felszínéről jelentős tömegű vízgőz kerül a levegőbe. Ez a vízgőz részben a szárazföldek fölött kicsapódik, és eső (hó) formájában élteti a szárazföldi bioszférát. A víz a folyókban jut vissza az óceánokba. Így zárul az életünk számára oly fontos körforgalma.

Az oxigén a szilárd földkéregben: szilikátok

Az oxigén kötött formában a Föld szilárd kérgében is jelentős mennyiségben fordul elő. A legtöbb oxigénatom szilíciumhoz kapcsolódva szilikát ásványokat alkot.

Ezért az igen gyakori magmás (vulkanikus eredetű) kőzeteknek a szilikátásványok meghatározó összetevői.

A szilikátok építőeleme az egy központi szilícium-atomból, illetve négy oxigénből álló SiO_4 tetraéder. Az elnevezést az indokolja, hogy az említett atomok egyenlő oldalú háromszögekből álló mértani testet alkotnak. A tetraéder közepén a szilícium, csúcsaiban egy-egy oxigén helyezkedik el. A szilícium négy pozitív, az oxigén két negatív töltéssel rendelkezik. Ennek megfelelően a tetraédereknek kifelé négy negatív vegyértéke van, amelyek általában fémekhez, így káliumhoz, nátriumhoz, kalciumhoz vagy alumíniumhoz kapcsolódnak (pl. földpátok). A tetraéderek lehetnek egymástól függetlenek, de bonyolult láncokat és rétegeket is alkothatnak. Ilyenkor a szilikátok szerkezetét a tetraéderek kapcsolódása határozza meg.

Oxigén az élő szervezetekben

Az élőlényekben a molekulák gyakorlatilag hatféle atomból épülnek fel: szénből, hidrogénből, nitrogénből, oxigénből, foszforból és kénből. Alapvető elemük az igen reakcióképes szén. A szénatom külső elektronhéján négy elektron kering. Ezért saját magával könnyen hoz létre kémiai kötések. Így bonyolult láncokat és gyűrűket képes alkotni. A hidrogén és a nitrogén után az élőlények molekuláiban a legnagyobb mennyiségben az oxigén fordul elő. Fontos építőköve mind a sejteket felépítő *fehérjéknek*, mind a sejtek szaporodását szabályozó, az öröklődést hordozó *nukleinsavaknak* (RNS: ribonukleinsav, DNS: dezoxiribonukleinsav). Az elnevezést az indokolja, hogy ezek a savak a sejtmagban (nukleuszban) fordulnak el és ribózt (a cukor egy fajtája) tartalmaznak. A DNS molekulában kevesebb oxigén fordul elő, mint az RNS-ben. Ezt fejezi ki a „dezoxi” kifejezés.

A 20. század elején végzett intenzív kémiai kutatások kimutatták, hogy a fehérjéket húszféle *aminosav* építi fel, amelyek ismérve, hogy egy karboxil- ($-\text{COOH}$) és egy aminocsoport ($-\text{NH}_2$) ugyanazon szénatomhoz kapcsolódik.³ Mint Emil Fischer német vegyész először ismerte fel, az aminosavakat ún. peptidkötések ($-\text{CO}-\text{NH}-$) egyesítik. Az aminosavak sorrendje meghatározza a fehérje jellegét és funkcióját. A fehérjék az élő szervezetekben fontos szerepet játszanak. Egyebek között katalizálják a különböző élettani folyamatokat (enzimek).

A fehérjék szálakból állnak, amelyek spirálisan csavarodnak egymás köré. Az amerikai James Watson és az angol Francis Crick vizsgálatai 1953-ban világossá tették, hogy a DNS molekula kettős spirált alkot, amely kiterítve létrához hasonlít. A létra szára cukor, míg a fokait hidrogénkötéssel bázisok tartják egyben. Ezek jele

az A, C, G és T.⁴ Az A bázist kivéve, a bázisok felépítésében az oxigén fontos szerepet játszik.

Az élő szervezetek anyagcseréjében a *szénhidrátok* (cukrok) elengedhetetlen szerepet játszanak. Ezek általános kémiai jelölése: $(\text{CH}_2\text{O})_n$, ahol n valamilyen egész szám. A szénhidrátokat a napsugárzás energiáját felhasználva növények, illetve megfelelő baktériumok szén-dioxidból és vízből hozzák létre. A növényevő állatok energiájuk fedezésére oxigén segítségével ezeket a szénhidrátokat bontják el.

Záró megjegyzések

A Világegyetem, pontosabban a benne lévő csillagok az energiát nukleáris reakciókkal, magfúzióval termelik. A magfúzió igen hatékony energiatermelő folyamat. Kiváltáshoz azonban igen magas hőmérséklet szükséges, illetve szabályozása, pontosan a felszabaduló hatalmas energia miatt, számunkra pillanatnyilag megoldhatatlan feladat. A Természet azonban gondoskodott róla, hogy a Földbolygó, így az ember számára megfelelően alacsony hatékonyságú, szabályozott energiaforrás álljon rendelkezésre. Ezt az „emberszabású” energiaforrást, a megfoghatatlanul hatalmas energiákat előállító, nukleárisan hajtott Univerzumban, az oxigén jelenléte biztosítja. James Lovelock, neves angol gondolkodó Gaia hipotézise szerint a környezet, ezen belül a légkör élőlényként viselkedik, mivel képes, természetesen a Naptól jövő energia segítségével, rendezetlenségének, tudományos szóval entrópiájának a csökkentésére. Mint az élővilág egyes szerveinek, minden légköri összetevőnek is megvan a saját szerepe. Ezek közül a legfontosabb az oxigéné, amely az élet energiatermelésének forrása.

Könyvajánló

Mészáros, E., 2001: A Föld rövid története. Vince Kiadó, Budapest.
Lovelock, J.E., évszám nélkül: Gaia, a földi élet egy új nézőpontból. Göncöl Kiadó, Budapest.

³ A vízszintes vonalkák egy-egy vegyértéket jelölnek.

⁴ Rendre adenin (A), citozin (C), guanin (G) és timin (T).

A FOTOSZINTETIKUSAN AKTÍV SUGÁRZÁS HAZAI VIZSGÁLATAI

PAR INVESTIGATIONS IN HUNGARY

Major György

major.gy@met.hu

Összefoglalás. Ebben a dolgozatban felidézzük azokat a munkákat, amelyeket magyar szakemberek végeztek, illetve végeznek a fotoszintetikusán aktív sugárzás mérésével és számításával kapcsolatban, valamint beszámolunk egy mérésről, amellyel a fotoszintetikusán aktív spektrumtartományban leérkező energia és a teljes napsugárzási spektrumban leérkező energia arányát állapítjuk meg.

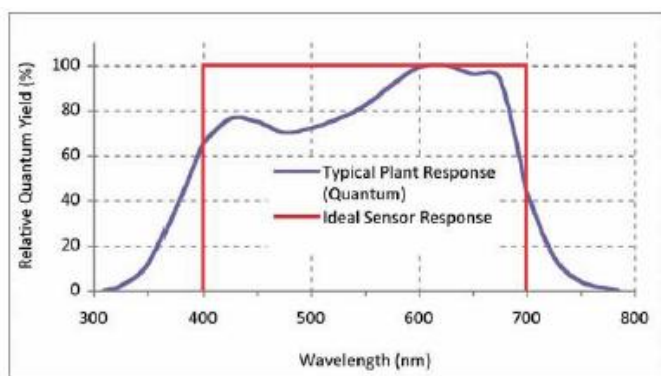
Abstract. In this paper the works are referred which have been or are made by Hungarian experts in the field of measurement or calculation of the photosynthetically active radiation. A measurement is also reported that aims the determination of the ratio of the solar flux incoming in the spectral interval of photosynthetically active radiation to the total solar flux.

Bevezetés

Földünkön a mozgások (beleértve az élővilág működését is) döntő többségének energiája végső soron a Nap sugárzásából származik. A napsugárzási energia hasznosításának egyik legfontosabb módja a növények által végzett fotoszintézis. A fotoszintézishez a növények nem használják a napsugárzás teljes hullámhossztartományát, hanem annak csak egy részét. Ebben az írásban az erre a spektrumtartományra vonatkozó mérések és számítások azon eredményeiről igyekszünk képet adni, amelyek magyar szakemberek munkáiból származ-

lógában rövidhullámú sugárzásnak) a Nap irányára merőleges felületen felfogott sugárzási teljesítmény áramsűrűsége. Pillanatnyi értékének szokásos mértékegysége: W/m^2 .

- *Diffúz (szórt) sugárzás:* A légkörön keresztül a vízszintes síkra a felső féltérből, kizárva belőle a Nap térszögét, érkező rövidhullámú sugárzás áramsűrűsége. Ezt is W/m^2 -ben mérjük.
- *Globálsugárzás:* A vízszintes síkra a teljes felső féltérből érkező rövidhullámú sugárzás áramsűrűsége. (A direkt sugárzás függőleges összetevőjének és a

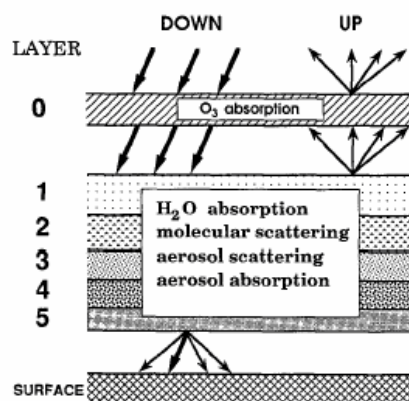


1. ábra. A fotoszintetikusán aktív sugárzás értelmezése. Kék görbe: a fotoszintézis általi fotonhasznosulás, piros vonalak: a fotoszintetikusán aktív sugárzás elvi definíciója

nak. Noha törekszünk a teljességre, nem biztos, hogy sikerült minden idevágó munkáról tudomást szerezni, a nem említettekért elnézést kérünk az érintettektől.

Szükségesnek tartjuk a későbbiekben szereplő fogalmak meghatározását felidézni az esetleges félreértések elkerülése végett.

- *Direkt* (kevésbé használt magyar nevén *közvetlen*) *sugárzás:* A Nap térszögéből, a 0,29 – 4 mikrométeres spektrumtartományban (ezt nevezzük a meteoro-



2. ábra. A Pinker-László modellszámításokban használt légoszlop rétegződés.

diffúz sugárzásnak az összege, tehát mértékegysége azonos az előzőkével.)

- *Fotoszintetikusán aktív sugárzás (PAR):* a vízszintes síkra a felső féltérből a 0,4 – 0,7 mikrométer (400 – 700 nanométer) spektrumtartományban érkező fotonok (sugárzási kvantumok) számának áramsűrűsége. Mértékegysége: $\mu mol/(m^2 \cdot sec)$,
 $1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23} = 1 \text{ Einstein}$.

— A fotoszintetikusan aktív sugárzás energiája, PAR_e : A vízszintes síkra a felső féltérből, a 0,4 – 0,7 mikrométer spektrumtartományban érkező sugárzási teljesítmény áramsűrűsége. Mértékegységként a W/m^2 -t használjuk.

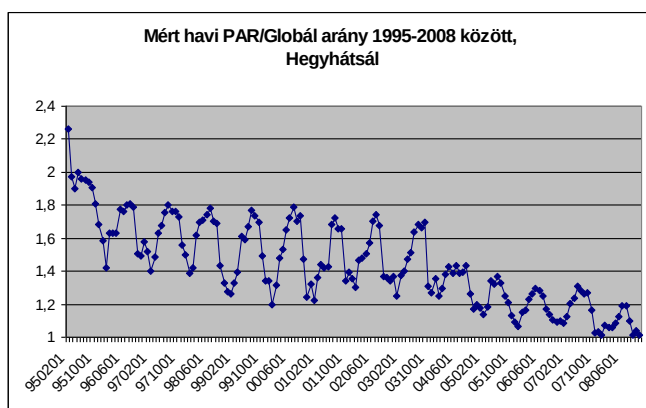
Az 1. ábra (LI-COR, 2009) szolgál magyarázattal a fotoszintetikusan aktív sugárzás kialakított fogalmára. A kék vonal egy növényekre jellemző görbe arról, hogy a hullámhossz függvényében a fotoszintézis milyen arányban hasznosítja a fotonokat. Száz százalékban hasznosulnak a 615 nm közeli fotonok, a 400 nm-nél rövidebb és a 700 nm-nél hosszabb hullámúak pedig igen kis mértékben. Ez a tipikus görbe kissé eltér az egyes növényekétől és azok is egymástól, ezért általánosításképpen a „négyzetögesített” piros egyenesek alkotják a fotoszintetikusan aktív sugárzás fo-

cikkben Тооминг és Гуляев 1967-ben megjelent könyvében közölt (a 380 – 710 nm tartományra vonatkozó) képletet használt:

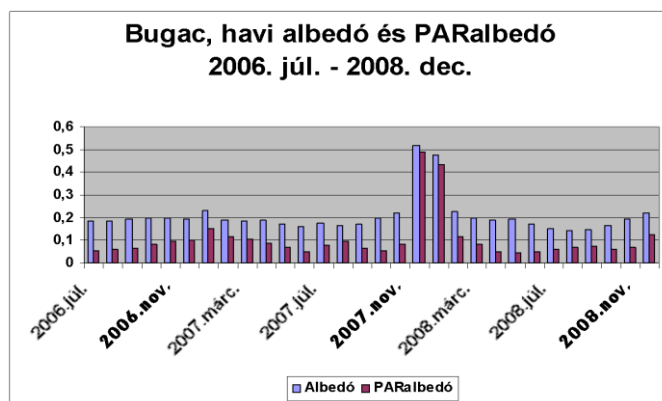
$$PAR_e = 0,42 DIR_v + 0,60 DIF,$$

Ahol DIR_v : a vízszintes síkra jutó direkt sugárzás
 DIF : a diffúz sugárzás.

A cikk írásakor elérhető volt számos hazai állomásra a napfénytartam adatokból számított globálsugárzás 50 éves adatsora minden hónapra. Az április – szeptember közötti hónapokra empirikus formulával a globálsugárzást felbonthatta direkt és diffúz összetevőkre, így ki tudta számítani a PAR_e havi értékeit a tenyészidőszakra és a nyári félévre, amelyekből országos térképeket szerkesztett.



3. ábra A Hegyhátsálon működött PAR műszer öregedési folyamata



4. ábra PAR albedó és albedó értékek menete

galmának spektrális jellemzőit. Ez a matematikailag jól definiált spektrális érzékenység sem a növényekre nem tökéletesen jellemző, sem ennek pontosan megfelelő mérőműszer nem készíthető. Ennek ellenére az egyre nagyobb számú mezőgazdasági, erdészeti, biológiai stb. terepkísérletek mérési programjaiban egyre többször kerülnek alkalmazásra a számos gyártó által forgalmazott PAR és PAR_e műszerek. Ezek egy részének egymással, valamint megfelelő pontosságú spektrométerrel történő összehasonlító/ellenőrző mérésére került sor 2002-ben Kanadában (BSRN, 2005). Az eredmények mutatják, hogy a PAR méréseket szolgáló műszerek a hagyományos meteorológiai sugárzási műszereknél jóval olcsóbb áruknak megfelelően alacsonyabb szinten teljesítenek. A 2005-re tervezett, teljes részvételi körű és hosszabb üzemelési jellemzőket szolgáló mérési program (értesülésünk szerint) nem valósult meg a kanadai kísérleti állomáson, mivel a munkát végző szakember magasabb vezetői pozícióba került.

Írott beszámoló

Tudomásunk szerint hazánkban elsőként Felméry László tanár úr kezdett a fotoszintetikusan aktív sugárzással foglalkozni. Eredményeit teljességükben az IDŐJÁRÁS-ban (Felméry, 1974) megjelent cikkéből ismerhetjük meg. A

Jelentős agrometeorológiai kutató méréseket végzett 1982-ben és 1983-ban Hunkár Márta. Keszthelyen 7 szintben mérte kelet-nyugat irányítású sorokból álló kukoricaállományban a PAR profilokat több alkalommal a tenyészidőszak alatt. Eredményeiről egy IDŐJÁRÁS cikkben (Hunkár 1984a), valamint teljességükben egyetemi doktori disszertációjában (Hunkár 1984b) számolt be. Ez utóbbi műben ismerteti a PAR mérések fiziológiai és technikai alapjait, megadja a mérések körülményeinek meteorológiai jellemzőit és a kukorica állomány aktuális paramétereit. A PAR méréseiből kapott állománybeli profilok jól egyeznek a levélfelület index alapján számított profilokkal

Egy évtizednyi időt dolgozott az Országos Meteorológiai Szolgálatnál László István, majd az Egyesült Államokban folytatta az itthon megkezdett sugárzási témájú munkásságát, így hazai eredmények is tekinthetjük publikációit. A Pinker és Laszlo (1992) cikkben a fotoszintetikusan aktív sugárzás műholdas mérésekből leszámaztatott, az egész Földre vonatkozó eloszlását villantják fel. Műholdak adataiból öt spektrális sávban (200-400, 400-500, 500-600, 600-700, 700-4000 nm) sugárzásátviteli számítással (a vertikális rétegződést a 2. ábra mutatja) meghatározzák a felszínre leérkező napsugárzást. A második, harmadik és negyedik spektrális sáv összevonásával megkapják a PAR_e

értéket. Sok részeredmény mellett bemutatják az 1983. július hónapra szerkesztett, 2,5 földrajzi fok felbontású globális térképet.

Terepi mérések

Az országban hosszabb-távú terepi mérésenként gyűjtenek/gyűjtöttek PAR, illetve PARE adatokat a következő helyeken:

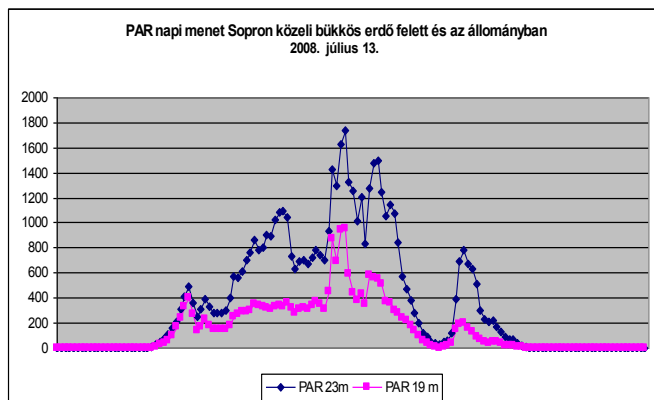
- Hegyhátsál, 1995-től (Haszpra László, Barcza Zoltán, Gelybó Györgyi)
- Bugac, 2002-től 2010-ig (Horváth László, Pintér Krisztina, Nagy Zoltán)
- Sopron környéki bükkös erdő, 2006-tól (Vig Péter és munkatársai).

A terepi méréseket meg kell különböztetnünk az obszervatóriumi mérésektől. Az obszervatóriumokban naponta többször ellenőrzik (!) a mérőműszerek állapotát és az adatgyűjtés menetét, erre az ellenőrzésre a terepen csak hetente vagy még ritkábban kerül sor. A sugárzási érzékelőket beborító por, hó, víz, stb befolyásolja a mérési eredményt, ezért a hibát okozó leülepedett borítást sűrűn el

ben) feldolgozzuk, vagy legalább ábrán időszorként megjelenítjük, az ekkor megjelenő indokolatlan trendek a mérőrendszer torzítására utalnak.

A Bugacon kilenc éven át végzett mérések között volt PAR mérés és a felszín által visszavert PAR mérés, valamint PARE és visszavert PARE mérés. Ezek, együtt a globálsugárzást és a visszavert globálsugárzást mérő piranométerekkel, olyan mérőegyüttest alkottak, amely mind a lefelé, mind a felfelé menő, egymással szoros kapcsolatban lévő sugárzási összetevőket három értéként szolgáltatva, így ezek összehasonlításával megmutatkozott volna, ha valamelyik sugárzásmérő öregszik, vagy meghibásodik.

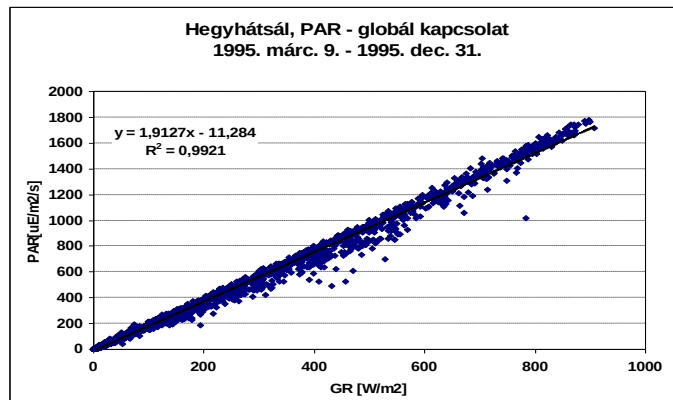
A visszavert PAR és PAR adatokból PARalbedo számolható. Interneten a „PARalbedo” szóra és a „PARalbedo” kifejezésre rákeresve megállapítható, hogy ilyen tárgyú cikk kevés jelenik meg, ezért ez a mérési adatsor különlegességnek tekinthető, érdemes volna ezt kihasználni. Az idevágó cikkek a PARalbedo-t a levélfelület indexszel, a zöldtömeggel és a vízstresszel kapcsolták össze. A 4. ábrán bemutatjuk a PARalbedo havi értékeinek két és fél-



5. ábra. Egy példa a PAR erdőbe történő behatolására

kell(ene) távolítani. Az évenkénti hitelesítés (3. ábra) biztosítja, hogy a műszerek „öregedését” figyelembe tudjuk venni, ezáltal a sugárzási és a többi gyűjtött adat a nyomon követni kívánt természeti folyamatokról ad számot, azaz a mérőrendszer saját változásai nem jelennek meg az adatsorban.

A Hegyhátsálon végzett mérések igen fontos tanulsága vonható le a 3. ábra alapján. A PAR/globál adatok aránya mutatja, hogyan változott az összhang közöttük az 1995-2008 közötti 14 év során. Elvileg mind a két mérőműszer érzékenysége változhatott, és együttesen hozhatták létre az arány eltolódását, az utólagos ellenőrzés azonban azt mutatja, hogy a globálsugárzást mérő piranométer stabilnak tekinthető, tehát a PAR műszer veszített az érzékenységből, több hullámban és fokozatosan. (Az ábrán megmutatkozó évi menetek a kétféle érzékelő különböző kompenzálatlan hőmérsékletfüggését és a direkt sugárzás beesési szögére vonatkozó különböző érzékenységet sejtetik.) A nem nagymértékű, fokozatos öregedés észrevehető évenkénti hitelesítés nélkül is, ha az adatsorokat évente (vagy sűrűb-



6. ábra. PAR - globál kapcsolat 10 perces értékekből

évnvi idősorát. Érdemes figyelni rá, hogy ezen időszakban a teljes napspektrumra vonatkozó albedo maximális és minimális értékeinek aránya 3,5 körüli, ugyanez a PARalbedo esetében 10,5, azaz a PARalbedo érzékenyebb jellemzője a felszín tulajdonságainak.

Vig Péter és kollégái erdőállomány komplex energia-gazdálkodását vizsgálják. Ennek részeként mérnek PAR értékeket az erdő felett (23 m), a lombkorona záródásának szintjén (19 m) és az aljnövényzet szintjén (2 m). Az 5. ábra egy napi menetet mutat a felső két szintben mért adatokból. Itt jegyezzük meg, hogy bármely növényállományban mérendő PAR profil meghatározásához minden szintben ugyanolyan gyártmányú műszert kell használnunk, mivel a különböző gyártók műszereinek spektrális érzékenysége kissé eltér egymástól, ezért az állományon belül a sugárzás spektrális összetételének változásával kombinálna az eltérő gyártmányú műszerek különböző spektrális érzékenysége, ami megzavarná a különböző szintekben mért adatok összehasonlíthatóságát.

A PAR és a globálisugárzás kapcsolata

A 6. ábrán csaknem egyéves, 10 percenként mért, összetartozó PAR és globálisugárzás értékeket látunk a Hegyhátsálon végzett mérések kezdeti időszakából, amikor a PAR műszer még nem veszített az érzékenységből. A 7. ábrán egy teljes évből származnak a félóránként Bugacon mért adatok. (Az ábra bal alsó sarkában látható „kampó” arra utal, hogy néhány napon át a globálisugárzásmérő horizontot határoló lemeze megtartotta a havat, így a műszer látótere beszűkült, a PAR műszernél ilyen lemez nincs, róla a hó lecsúszhatott.)

Mindkét ábra, valamint az 1. Táblázat érzékelteti a szoros kapcsolatot a két mennyiség között, amit számszerűen kifejez a magas korrelációs együttható érték.

Év	PAR-globál korreláció	PARe/Globál arány %
2003	0,995	46
2004	0,996	45
2005	1,000	44
2006	0,976	44
2007	0,997	44
2008	0,998	44
2009	0,998	44
2010	0,997	43

1. táblázat Bugacon mért adatokból a PAR és globál korreláció (félórás értékekből) valamint a PARe/globál arány, éves összegekből

Arra is gondolhatnánk, hogy ilyen szoros kapcsolat esetén felesleges két külön műszert üzemeltetni, az értékek elég pontosan egymásba átszámíthatók. Utalunk azonban arra, hogy biztonsági okokból egymáshoz nagyon hasonló vagy azonos érzékelőkből hármat alkalmazva megelőzhetjük vagy korrigálhatjuk adatsoraink hibáit, hiszen annak a valószínűsége, hogy három műszer egyszerre hibásodjon meg vagy egyformán öregedjen, az nagyon kicsi. Ha csak egy globál és egy PAR műszert üzemeltetünk, a biztonság nem éri el a műszerhármast, de még ekkor is jóval nagyobb, mintha csak egyetlen napsugárzás mérővel dolgoznánk.

Tudjuk, hogy a PAR műszerek a globálisugárzás spektrumának csak egy részére érzékenyek. Mi a magyarázata annak, hogy egy teljes év során (amelyben van alacsony és magas napállás, derült és borult idő stb) az adatpárok pontsora ennyire egy egyenes közelében helyezkedik el? Legtermészetesebb magyarázat az, hogy a felszínre leérkező napsugárzásban a különböző hullámhosszakon leérkező energia arányát leíró függvény nem változik. A spektrométerek megadják a hullámhossz szerinti energia-eloszlást. Az Országos Meteorológiai Szolgálat úrkutatói támogatásból 1990-ben egy LI-COR 1800 spektrométerhez jutott. Ez a műszer 300 nm-től 1100 nm-ig 1 nm felbontással méri a sugárzási energia hullámhossz szerinti eloszlását. A 8. ábrán egy derült és

egy borult időben rögzített spektrumot láthatunk. Az arányokat jobban mutatja a 9. ábra, amelyen az előző két görbe maximumát egységnyinek vettük. Ebben az esetben a két görbe nagyon közel áll egymáshoz, noha az is kitűnik, hogy borult esetben a rövidebb hullámhosszak viszonylag több energiát szállítanak.

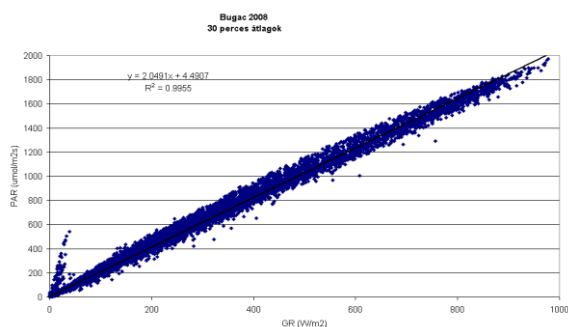
Egy-egy spektrométeres görbe mintegy 1 percnyi időszakot rögzít a széles határok között változó sugárzási viszonyokból. Átfogó képhez hosszabb időtartamon át folyamatosan végzett mérésekre van szükség. A globálisugárzás spektrumának megismerése céljából az 1960-as és 70-es években a Föld több helyén végeztek méréseket Schott üvegszűrő búrával ellátott piranométerekkel. Budapesten is került sor ilyen adatgyűjtésre az 1976-os évben. A meteorológiában az elvágó típusú üvegszűrők használata terjedt el, amely szűrők a napspektrumnak a névleges hullámhosszuknál rövidebb tartományra eső részét teljesen elnyelik, a hosszabb hullámokat pedig átengedik (lásd 10. ábra), tehát a spektrumot két részre vágják. Az ábra a 2010. szeptember 21-én Budapesten végzett mérésekből készült, amelyeket a LI-COR 1800 spektrométerrel végeztünk Varga-Fogarasi Szilvia segítségével, több szűrőbúra átbocsátásának ellenőrzésére, az ábra egy példa közülük. Az átbocsátást elvben úgy kellene mérni, hogy mérjük a búrara érkező napsugárzás spektrumát és ugyanakkor a búra által átbocsátott sugárzás spektrumát. Mivel csak egy spektrométerünk van, ezért a az átbocsátott spektrum mérése előtt is és utána is mérünk egy beérkező spektrumot, a kettőből számolt átbocsátási függvények (mindkettő látszik a mintaábrán) átlagolandók.

A mérési gyakorlatban a globálisugárzás spektrumát néhány darab különböző színes üvegbúrával ellátott piranométerrel mérték, nagyon sok műszer párhuzamos járátása igen nehézkes lett volna. Így a spektrumot néhány tartományra osztva lehetett meghatározni, szemben a spektrométer 1 nm-es felbontásával, viszont az üvegbúrák mérése több éven át folyamatosan szolgáltatott adatokat. A Washingtonban működő Smithsonian Intézet munkatársai (Goldberg és Klein) közel egy évtizeden át gyűjtöttek adatokat a hazai állomás mellett a trópusi és az északi-sarki övezetből is. Az ő általuk publikált adatokból és a budapesti mérésekből megállapíthattuk (Major, 1983), hogy a globálisugárzás spektrumának havi és évi értékei térben és időben nagyon kis mértékben változnak, lényegében a globálisugárzás spektruma állandónak tekinthető, tehát az élővilág élettani folyamataiban lejátszódó változások nem magyarázhatók a napsugárzás spektrális összetételének változásával, ugyanakkor igazolódik annak magyarázata, hogy a PAR és a globálisugárzás kapcsolata igen szoros.

A PARE és a globálisugárzás kapcsolata

Az előző rész alapján következik, hogy a felszínen mérhető napsugárzás energiájában a fotoszintetikusan aktív spektrumtartományra jutó rész aránya havi és évi összegek tekintetében állandónak tekinthető a Földön térben is és időben is. Újabb publikációk is ezt támasztják alá (Tsubo and Walker, 2005). Mekkora ez az arány?

A Felméry tanár úr által használt képletből kiszámíthatjuk a hazai részarányt, ha figyelembe vesszük, hogy éves értékben Magyarországon a globálisugárzásnak a fele direkt, a másik fele diffúz sugárzás formájában érkezik felszínre (Major, Farkasné, ..., 1985). Eszerint:



7. ábra. PAR – global kapcsolat félórás értékekből. A bal alsó sarokban látszik, hogy a hó megmaradt néhány napig a globálisugárzást mérő műszeren.

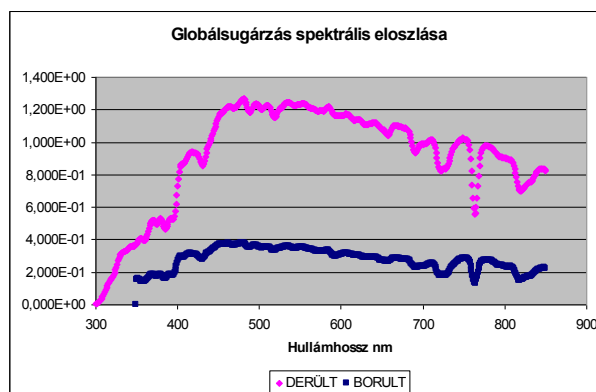
$$PARE/G = 0,42 \times 0,5 + 0,6 \times 0,5 = 0,51$$

azaz 51 %, ez szélesebb spektrumsávra (380 –710 nm) vonatkozik.

László Istvánék cikkük egy ábráján bemutatták a „konverziós faktort”, amellyel a globálisugárzásból a PARE érték kiszámítható, pontosabban ennek a faktornak a légoszlop különböző tulajdonságaitól való függését. Az előzőekben idézettektől eltérően ők elég széleskörű változékonyságot találtak (42 – 66 %), igaz, hogy az 50 %-nál nagyobb értékek kizárólag borult esetekre vonatkoznak. Ez a széles, modellszámításokból származó, változékonysági tartomány túlzottnak tűnik a mérési eredményekhez viszonyítva (pl. Tsubo and Walker, 2005, akik szerint 42 és 50 % közötti havi és évi értékek a relevánsak a Föld 17 különböző pontjáról publikált mérések alapján. Saját méréseik egyes órákra a nagyon borult időkben 60 %-ot is adnak, miközben a jellemző éves átlagot 48 %-ban határozzák meg a Dél-Afrikai Köztársaságra).

A Bugacon végzett mérésekből a 8 teljes évet jellemzi az 1. Táblázat. Minden méréssorban vannak hiányok, ráadásul a hiányok nem egyszerre jelentkeznek a három összevetendő műszer adataiban. A táblázat a hiányok kiszűrése után maradt adatsorokból készült, az értékek jellemzők az évre, a hiányok nem voltak hosszúak, de a táblázat értékeit torzították volna.

Mivel a PAR és PARE műszerek abszolút hiteles standardokra való visszavezetése előttünk nem ismert, ezért a táblázat adatsorainak stabilitása ellenére üvegbúra mérésekkel is meghatároztuk a Gspektr/G arányt. Erre 2010. szeptember 22-én 10 és 12 óra között került sor, derült időben, 63 és 67 % közötti relatív globálisugárzás (a technikai irodalomban angolul: clearness index) estén, 500, 539, 614, 645 és 700 nm névleges elvágó hullámhosszú Schott szűrőbúrát használva, Kipp&Zonen piranométerekkel. Az egyik piranométer minden leolvasáskor a globálisugárzást adta (háttér adat, amely lehetővé tette, hogy figyelembe vegyük a sugárzás erősségének változását), a másikat arra használtuk, hogy sorban a nagyobb

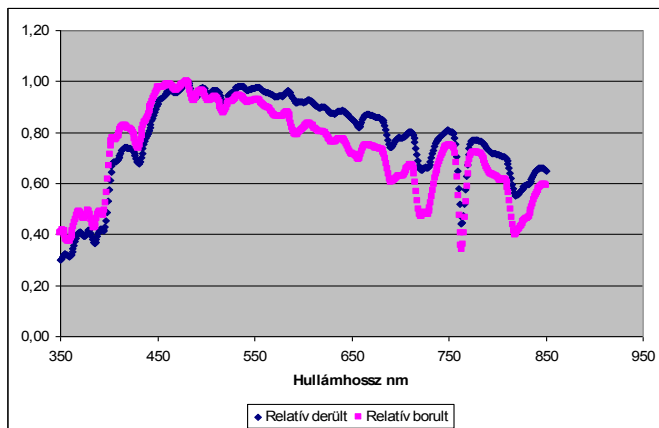


8. ábra. LI-COR 1800 spektrométerrel mért napsugárzás spektrum derült és borult esetben

bik üvegbúra nélküli, majd pedig az egyes színes búrákkal mért jelet rögzítsük, legalább hatszoros ismétlésben. A jeleket mérő piranométer nulla pontjának helyzetét (emelkedését és süllyedését) is ellenőriztük levegőhőmérsékleten tartott fém-edénnyel takarva el a napsugárzást. Az előző napon, derült időben (65 és 68 % közötti relatív globál) a színes üvegbúrák átérésztését megmérve a LI-COR spektrométerrel (0,906 és 0,915 közötti értékek adódtak, 0,912-t alkalmaztunk a számításoknál). A szűrőbúrák átbocsátását ismerve a piranométer hitelesítése nélkül megkaphatók a Gspektr/G arányok, ahol Gspektr az egyes hullámhosszakhoz tartozó, elvágott spektrumú globálisugárzás. Ezek az arányok a hullámhosszak iménti sorrendjében: 0,790, 0,753, 0,633, 0,594 és 0,524 az ismétlések átlagaiként. A szűrő átbocsátások friss mérése (az üveg öregszik, a gyári érték nem mindig megbízható) és a nullapont eltolódások figyelembevétele miatt úgy véljük, hogy az általunk kapott arányok pontosabbak, mint amelyek általában a szakirodalomban megjelennek. Mivel 400 nm-es szűrőbúránk nem volt, ezért a többi hullámhosszhoz tartozó arányt a hullámhossz függvényében ábrázolva extrapoláltunk 400 nm-re, így kaptuk azt, hogy a PARE/G arány 41,5 %. Felhasználva számos LI-COR -ral mért spektrumból a fotoszintetikusan aktív tartomány felbontását a szűrőbúráink névleges hullámhosszai szerinti részekre, a következő PARE/G

arányokat kaptuk: 38,9 %, 43,5 %, 40,9 % és 42,9 %, ezek átlaga 41,8 %.

Tehát azt mondhatjuk, hogy (nem nagyon) derült időben nálunk 42 % a PARE/G arány. Ez jó összhangban van az évi átlagos Bugacon mért 44 % aránnyal. Ezek az értékek a viszonylag friss irodalmi adatok tartományának alsó részébe esnek, de a fentebb elmondott okok miatt a sajátjainkat tekintjük pontosnak. Célszerű lenne kimérni az arány bozottságtól való függését, mert úgy véljük, hogy a László István féle függés is, a Tsubo-Walker féle, óra és napi érté-



9. ábra. Normált derült és borult spektrum, a maximum mindkét esetben egységnyi, a 481 illetve 480 nm hullámhosszhoz tartozik

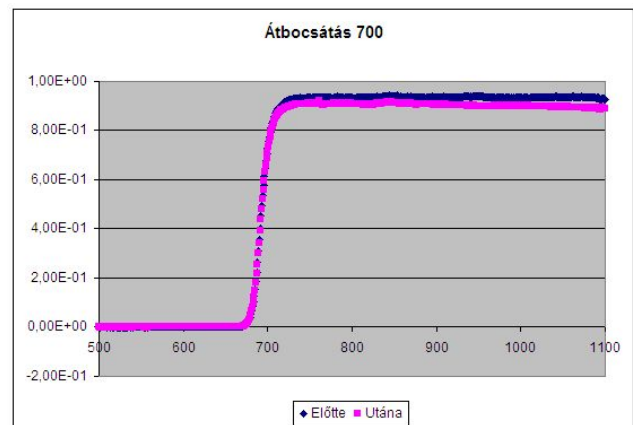
kekre adott függés is túlzott. A terepi mérések ezen függés meghatározására nem bizonyultak alkalmasnak, obszervatóriumi jellegű, szűrőbúrák mérések lennének a célnak megfelelő megbízhatóságúak.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Haszpra Lászlót és Horváth Lászlót a terepi mérések adatainak átengedéséért, valamint Varga-Fogarasi Szilviát és Nagy Zoltánt a szűrőbúrák mérésekhez nyújtott segítségükért.

Irodalom

- BSRN, 2005: Report on the eighth session of the Baseline Surface Radiation Network (BSRN) workshop and scientific review (Exeter, UK, 20-26 July, 2004) WCRP Informal Report No. 4/2005 (www.gewex.org/bsrn.html)
- Felméry L. 1974: A fotoszintézisben aktív sugárzás mennyisége a tenyészidőszakban. IDŐJÁRÁS, 78, 235-239.
- Hunkár M. 1984a: Egyszerű számítási módszer a fotoszintetikusan aktív sugárzás átlagos vertikális profiljának meghatározására kukorica állományban. IDŐJÁRÁS, 88, 139-144.
- Hunkár M. 1984b: A napsugárzás és a növényállományok viszo-



10. ábra. A 700 nm névleges hullámhosszúságú szűrőbúra LI-COR spektrométerrel mért átbocsátása, egyszer az előtte mért teljes spektrum, majd az utána mért teljes spektrum

- nya, különös tekintettel a fotoszintetikusan aktív sugárzás kukorica állományba történő behatolására és hasznosulására. Egyetemi doktori disszertáció, ELTE Meteorológia Tanszék
- LI-COR, 2009: Comparison of quantum sensors of different spectral sensitivities. Technical Note #126 (www.licor.com)
- Major G. 1983: On the spectral composition of global radiation. SOLAR ENERGY, 31, 73-78
- Major Gy, Farkasné Takács O., Nagy Z. és Rimócziné Paál A. 1985: A napenergia hasznosítás meteorológiai megalapozása Magyarországon. Építéstudományi Intézet, Budapest.
- Pinker R.T. és Laszlo I. 1992: Global distribution of photosynthetically active radiation as observed from satellites. JOURNAL OF CLIMATE, 5, 56-66.
- Tsubo, M. és Walker, S. 2005: Relationship between photosynthetically active radiation and clearness index at Bloemfontein, South Africa. THEORETICAL AND APPLIED CLIMATOLOGY, 80, 17-25.

AZ IDŐJÁRÁS-ELŐREJELZŐ OSZTÁLYON 2009-BEN KÉSZÜLT ELŐREJELZÉSEK VERIFIKÁCIÓJA

VERIFICATION OF FORECASTS MADE IN THE WEATHER FORECASTING DIVISION IN 2009

Pátkai Zsolt

Országos Meteorológiai Szolgálat, Időjárás-előrejelző Osztály, H-1525 Budapest, Pf. 38. patkai.zs@met.hu

Összefoglalás: Tanulmányunkban megvizsgáltuk az elmúlt évek prognózis-beválásait, annak változásait, és tapasztalhatuk a lassú, de folyamatos javulást mind a modelleknél, mind az előrejelzőknél. Ennek több oka is lehetséges. Egyfelől a numerikus modellek térbeli felbontásának javulása - köztük az ensemble produktumoké, másfelől a légkörről rendelkezésre álló egyre nagyobb megfigyelési adat, amelyek által pontosabb, részletesebb képet kapunk a jelenlegi időjárásról. Ugyanakkor a jövőre nézve a prognózisok további javulása inkább csak középtávon várható, mivel az első napokra már így is 90% körül alakul a beválás. Az elkövetkező években valószínűleg az ügyfelek megelégedettsége lesz majd a mérvadó az előrejelzések szempontjából, hiszen egyre erősebb a piaci verseny. Természetesen ez nem mérhető olyan objektív módon, mint a kódolt prognózis, éppen ezért ez már egy másik tanulmány tárgya is lehetne.

Abstract: In our paper we examined the proving of forecasts, and its changes in recent years, and slow but steady improvement was seen in both models and forecasters. There are several reasons for this. On the one hand, the improvement of spatial resolution of the numerical models, including the ensemble products, on the other hand, the more and more available data observed in the atmosphere, which allow us to get a more accurate and more detailed picture of the current weather. However, in the future the improvement of forecasts is expected rather on medium term, because for the first days the proving is already around 90% nowadays. In the coming years the satisfaction of clients will be dominant in terms of the predictions because of the increasing competition in the market. Of course this is not measurable as objectively as the coded projections are, therefore this could be the subject of another study.

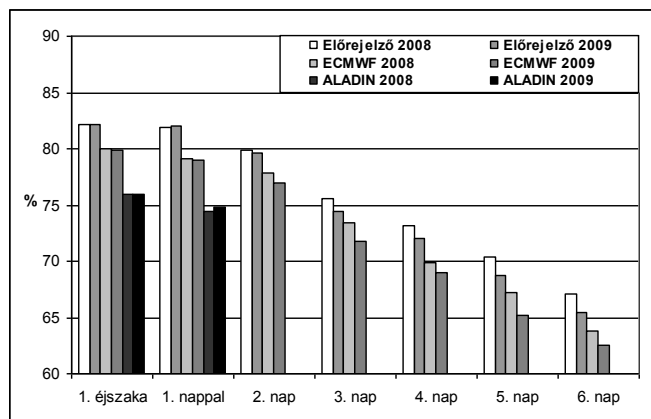
1. Bevezetés

Az Időjárás-előrejelző Osztályon 1999 óta verifikáljuk rendszeresen a szinoptikusok által készített, illetve a modellekből automatikusan előálló rövid- és középtávú alap-előrejelzéseket. (Az alkalmazott verifikációs módszerről részletesen a Légkör XLVIII. évf. 2003. 1. számában olvashattunk.) Ebben a tanulmányban a 2009-es eredményeket mutatjuk be, illetve hasonlítjuk össze a megelőző években készült előrejelzésekkel. Kitérünk a vízügyi szektornak készülő csapadék-előrejelzés verifikálására, illetve az energiaszektorhoz tartozó partnereinknek szóló középhőmérséklet-előrejelzésekre is.

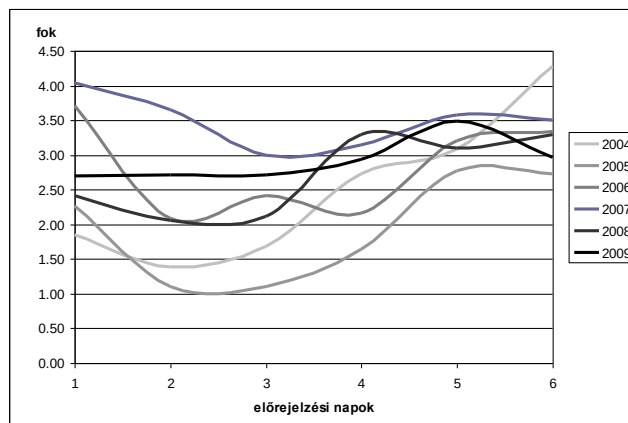
2. Rövid- és középtávú verifikációs eredmények, trendek

A következőkben áttekintjük és értékeljük a 2009-es év rövid-, illetve középtávú előrejelzéseit, és az eredményeket az előző évekkel is összehasonlítjuk. A verifikációt mind a szinoptikus produktumokra, mind a modellekre (ECMWF, ALADIN) elvégeztük.

A 1. ábrán az előrejelzések összteljesítményét jellemző komplex mérőszám értékeit láthatjuk különböző időtávokra vonatkozóan. Miközben a 2008-as és 2009-es években készült, első napra vonatkozó prognózisoknál a modellek teljesítménye alig változott, a szinoptikus javítás kismértékben nőtt. Az ALADIN teljesítménye

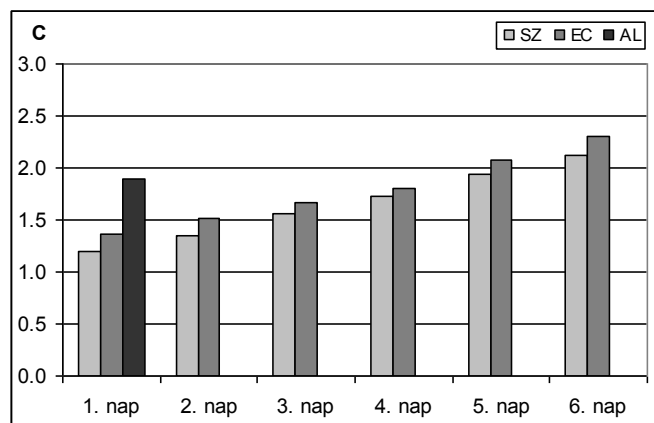


1. ábra A komplex mérőszám alakulása 2008-ban



2. ábra Az előrejelző és az ECMWF modell komplex mutatóinak különbsége a 2004-2009 időszakban

- az elmúlt évekhez hasonlóan - éves szinten több mint 5%-kal rosszabb az ECMWF-nél, illetve az előrejelzőnél. Ugyanakkor középtávon az ECMWF modell komplex mutatója romlott, esetenként 1-1,5%-kal. Ez a szinoptikus prognózis-beváltások romlását is okozta, azonban az előrejelző ennek ellenére is megtartotta a 2-3%-nyi előnyét a modellhez képest.



3. ábra Az első napra vonatkozó komplex mérőszám havi értékei, illetve az ezekre illesztett féléves mozgó átlag 2000. június és 2009. december között

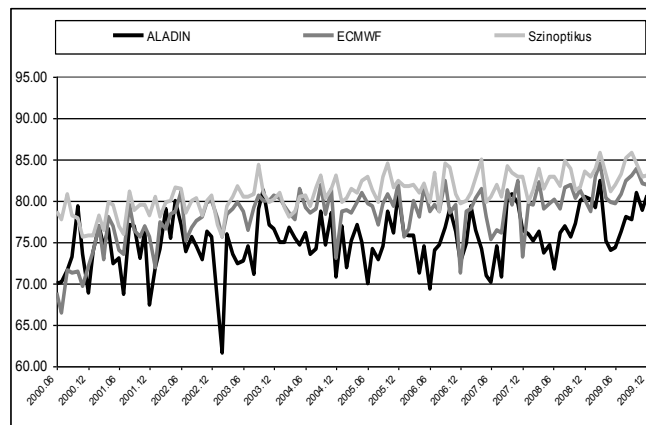
Egyre jobban bevett gyakorlat, hogy a harmadik-negyedik naptól főként az ensemble átlaghoz viszonyítjuk a hőmérséklet és a csapadék előrejelzését. Ennek az az előnye, hogy az ensemble átlag jóval kevésbé ingadozik az egymást követő modellfutások során, mint a determinisztikus vagy a kontroll modell. Ez a tény magyarázza azt is, hogy miért éri el a maximumát az ötödik napon a komplex mutató különbsége (2. ábra). Ugyanis az előrejelző figyelembe veszi a különböző futtatásokban rejlő lehetőségeket is, míg a verifikált kódolás minden esetben a determinisztikus modellfutásból származik.

Ha több évre visszamenőleg megvizsgáljuk az első napra vonatkozó komplex mutató havi átlagának alakulását (3. ábra), akkor az elmúlt 9 és fél évben lassú javulást figyelhetünk meg a beváltások terén. A 2009-es évre vonatkozó megállapítások a korábbi évekre is megállják a helyüket: az ALADIN szignifikánsan a leggyengébben teljesítő modell, öt követi az ECMWF, de a legjobb produktumokat az előrejelző készíti.

Az előrejelzők által használt modellekről elmondható, hogy a téli hideg légpárnás időjárási helyzeteket – főként annak kialakulását – még most is nagyon nehezen tudják előrejelezni, ezekben az esetekben különösen sokat tud a szinoptikus javítani a modell-előrejelzésekhez képest. (A 2009-es évben csak három

rövidebb időszakban fordult elő ilyen időjárási helyzet) A következőkben az egyes verifikált elemek beváltása közül a hőmérsékletet tekintjük át részletesen, a többi elemről csak néhány szóban teszünk említést.

A **minimum hőmérséklet** előrejelzések átlagos abszolút hibáját a 4. ábra mutatja. Minden évben, minden időtávra a szinoptikus hibája a legkisebb (1°C körül), öt



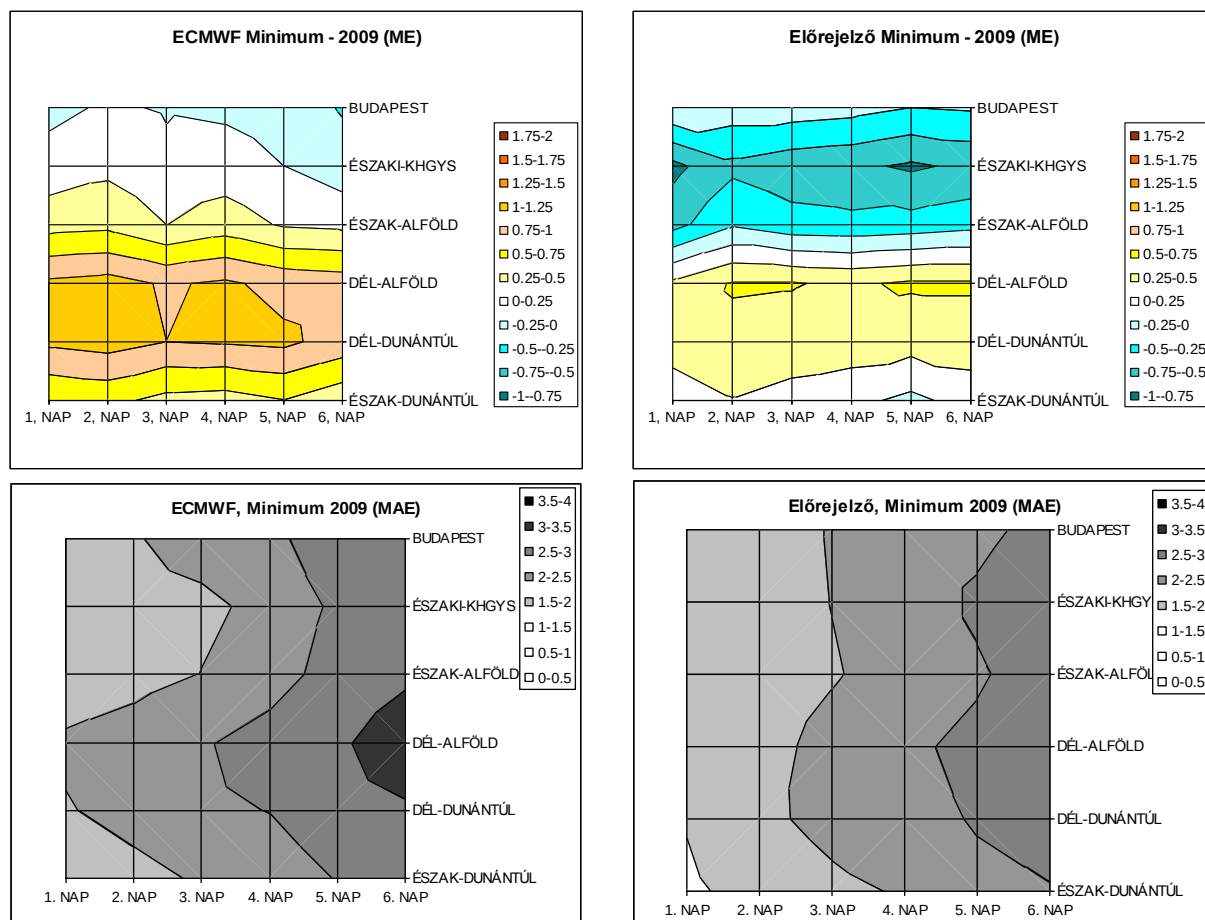
4. ábra Minimum hőmérséklet előrejelzések átlagos abszolút hibája (MAE) az első hat napra vonatkozóan 2009-ben

követi az ECMWF 1,3-1,5 °C-al, végül a sort az ALADIN zárja 2 °C-t is elérő hibával. 2009-ben középtávon valamelyest csökkent a különbség az előrejelző és az ECMWF között.

Az 5. ábrán körzetek szerint ábrázoltuk a minimum hőmérsékletek átlagos és átlagos abszolút hibáit 2009-ben. A két dél-magyarországi régióban a legnagyobb az átlagos hiba (1-1,3 fok), ami szignifikánsan fennálló felülbecslést jelent, mind a modell, mind az előrejelző tekintetében. Látható az is, hogy a szinoptikus jelentősen tompít a hibán, így a Dél-Alföld térségében ez mintegy 0,5 fokra mérséklődik. Másik sarkalatos pontja a hőmérséklet-előrejelzésnek az Északi-középhegység; a modell-előrejelzés meglehetősen kis hibával rendelkezik, az előrejelző azonban alábecsüli a minimumot.

A legkisebb hiba az ország északi területein jelentkezik. Természetesen a szinoptikus ez esetben is javít a modell-előrejelzésen, a hiba csökken.

A **maximum hőmérséklet** (6. ábra) esetén is ugyanaz a beváltási sorrend, mint a minimumnál, a legrosszabb produktumokat az ALADIN, a legjobbakat az előrejelző készíti, az ECMWF pedig a kettő között helyezkedik el. Több évre visszatekintve megállapítható, hogy míg 2004-ben az első napra az ALADIN 1,8 °C körüli hibája meggyezett a szinoptikus harmadik napra vonatkozó hibájával, addig 2009-ben ez már kitolódott negyedik napra.



5. ábra Minimum hőmérséklet előrejelzések átlagos hibája (ME) és átlagos abszolút hibája (MAE) hat körzetre és hat napra 2009-ben

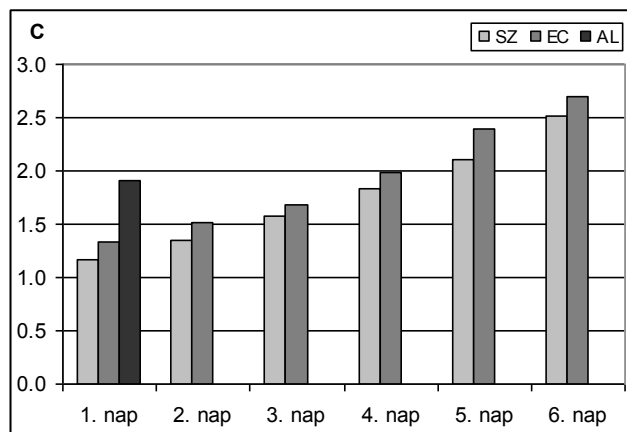
A 7. ábrán látható, hogy az Észak-Alföldön és az Észak-középhegység térségében a legjobb a maximum hőmérséklet előrejelzése, ugyanakkor a Dunántúlon a legnagyobb a hiba. Az átlagos hibák alapján úgy tűnik, mintha egyes országrészekben az előrejelző rontana a modellhez képest. De mivel az előrejelző átlagos abszolút hibái egyértelműen kisebbek minden körzetben, ezért a következőre juthatunk: a modell hibái kevésbé szisztematikusak, de nagyobbak, míg a szinoptikusnál kismértékű szisztematikus alulbecslés mutatkozik.

A **csapadék egzisztencia** előrejelzések bevalását (Percent Correct – helyes előrejelzések százalékos aránya) mutatjuk be a 8. ábrán. Az elmúlt években csak kismértékű ingadozásokat figyelhetünk meg az egzisztencia előrejelzésnél, szignifikáns trend egyik időszakban sem mutatkozik. A csapadék egzisztencia, valamint mennyiség azok a meteorológiai mérőszámok, amelyeken a szinoptikus is csak minimálisan tud javítani.

Az **átlagos szélsőbesség** esetén (9. ábra) rövidtávon a szinoptikus nem javít a modelleken, ellenben középtávon az ECMWF-nél jobb az előrejelzése. Az ALADIN megbízhatósága jónak és stabilnak mondható; 0,5-0,6 m/s-s hiba jellemzi az egész vizsgált periódust.

Maximális szélökés esetén (10. ábra) viszont az első napot leszámítva az előrejelző javít a modell előrejelzéseken, sőt 2007-től kezdődően már az első napon is megelőzte a modelleket.

A **felhőzetmennyiség** tekintetében a 11. ábra ad felvilágosítást. A szinoptikusoknak 2009-ben is minden időtávon sikerült a modellektől szignifikánsan jobb bevalású előrejelzést készíteniük. Rövidtávon a bevalási



6. ábra Maximum hőmérséklet előrejelzések átlagos abszolút hibája (MAE) az első hat napra vonatkozóan 2009-ben

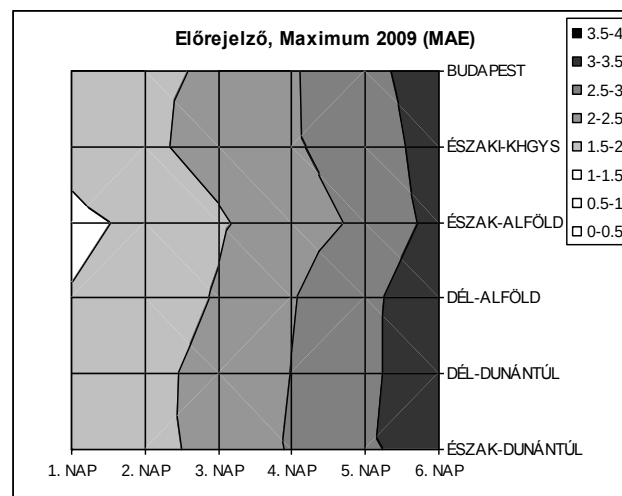
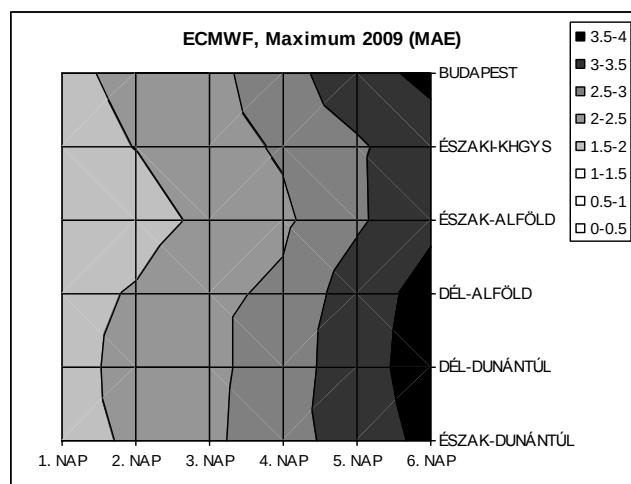
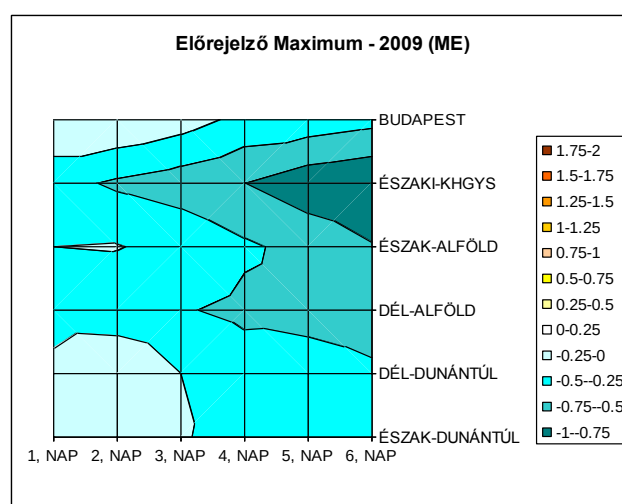
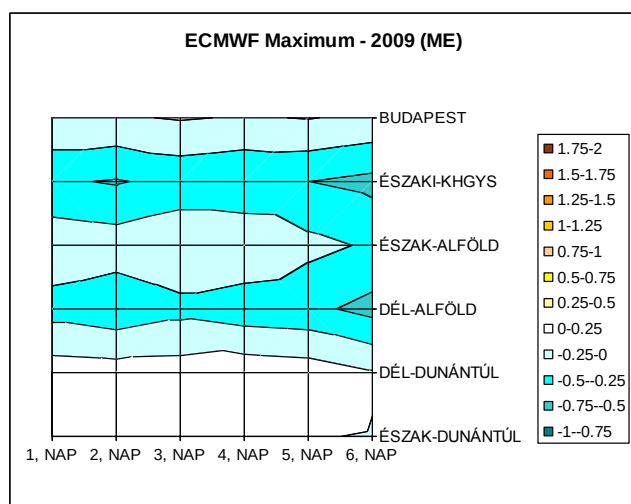
sorrend a következő: a legjobb a szinoptikus 0,6 oktával, öt követi az ECMWF 0,8 oktával, és végül a sort az ALADIN zárja 1 okta átlagos hibával.

Az ECMWF modellnél 2009-ben a komplex mutatóban bekövetkezett kismértékű romlást külön is megvizsgáltuk, az összesített, átlagolt eredményeket a 12. ábra tartalmazza. Mivel az egyes paramétereknek esetenként eltérő nagyságrendű hibastatisztikájuk van – mint például a csapadék egzisztencia – ezért ez egy diagramon való ábrázolás miatt az említett változó értékeinek százszal elosztott változatát mutatjuk be. (Természetesen az egyes paraméterek hibastatisztikájának más és más a mértékegysége, ezek rendre: hőmérsékletek MAE, fok; csapadék egzisztencia PC, %; felhőzet, okta; szélsőbesség és lökés, m/s.) Az oszlopdigrammok közül a legszembetűnőbb a minimum és maximumhőmérsékletek hibájának növekedése, amely a 6 napos előrejelzési időszakok átlagában 0,1 fokos, míg felhőzet, szélsőbesség és szellőkésben javulás figyelhető meg a 2009-es évben. Ezek átlagolt értékek, tehát az egyes előrejelzésekben ennél nagyobb eltérések is előfordulhattak.

3. A vízügyi ágazat részére készülő csapadék-előrejelzés verifikálása

A vízügyi ágazat részére napi rendszerességgel készül csapadék-előrejelzés, jelenlegi formában 2002 ősze óta. Az előrejelzés a Duna-Tisza vízgyűjtő területére szól, ami magában foglalja Bajorországot, Ausztriát, Svájc egy kis részét, Csehország déli részét, Szlovákiát, Kárpátalját, Erdélyt (kivéve az Olt és a Zsil vízgyűjtőjéhez tartozó részeket), illetve Szlovénia és Horvátország Magyarországgal határos területeit (13. ábra). Ez a terület 21 kisebb részvízgyűjtőre van bontva.

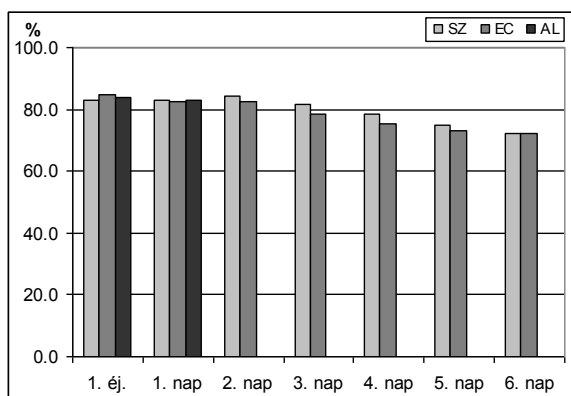
Az előrejelzés 10 napra szól, ebből az első hat napra vonatkozó részt verifikáljuk. A csapadékmennyiséget tized milliméter pontossággal jelezzük előre az első két napban 6 órás, ezt követően 12 órás bontásban. A verifikációban használt mérőszámok és statisztikák meggyeznek az előző részben említettekkel. A terület elég nagy, több ország területén fekszik, a mérőállomások eloszlása inhomogén: Ausztriában és Németországban sűrűbben, Ukrajnában és Romániában ritkábban helyezkednek el. Utóbbi területeken a verifikálás sem nevezhe-



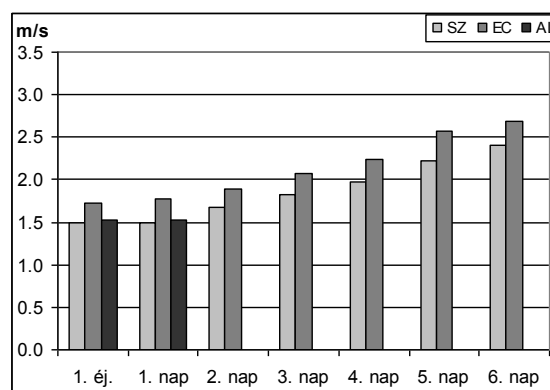
7. ábra Maximum hőmérséklet előrejelzések átlagos hibája (ME) és átlagos abszolút hibája (MAE) hat körzetre és hat napra 2009-ben

tő teljesen megbízhatónak, mivel az állomáshálózat eloszlása nagyon egyenetlen.

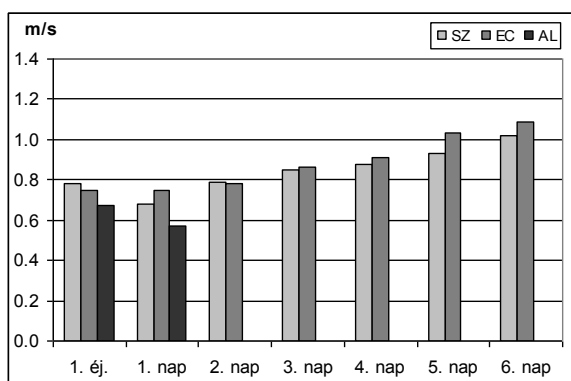
A hegyvidéki vízgyűjtők közül előrejelzési szempontból a Felső-Tisza (15-ös sorszámu) a legproblémásabb, de éves átlagban a MAE itt is 3 mm alatt marad. Ezen a vízgyűjtőn 2009-ben az előző évhez képest jelentős javulás figyelhető meg. (14. ábra)



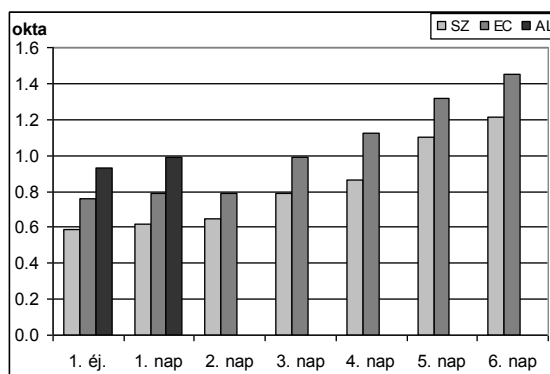
8. ábra Csapadék egzisztencia előrejelzések bevétele az első hat napra (helyes előrejelzések aránya - PC) 2009-ben



9. ábra Átlagos szélesség előrejelzések átlagos abszolút hibája (MAE) az első hat napra 2009-ben

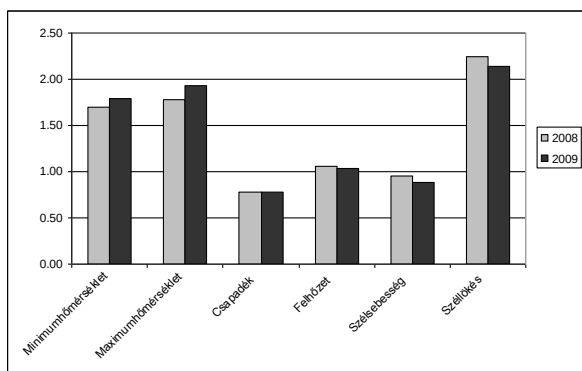


10. ábra Maximális széllökés előrejelzések átlagos abszolút hibája (MAE) az első hat napra 2009-ben



11. ábra: Összfelhőzet előrejelzések átlagos abszolút hibája (MAE) az első hat napra 2009-ben

A szinoptikus viszonylag ritkán módosít a modellek előrejelzésén. (A módosítás elsősorban az első napot érinti, hosszabb távon - a futásokban rej-



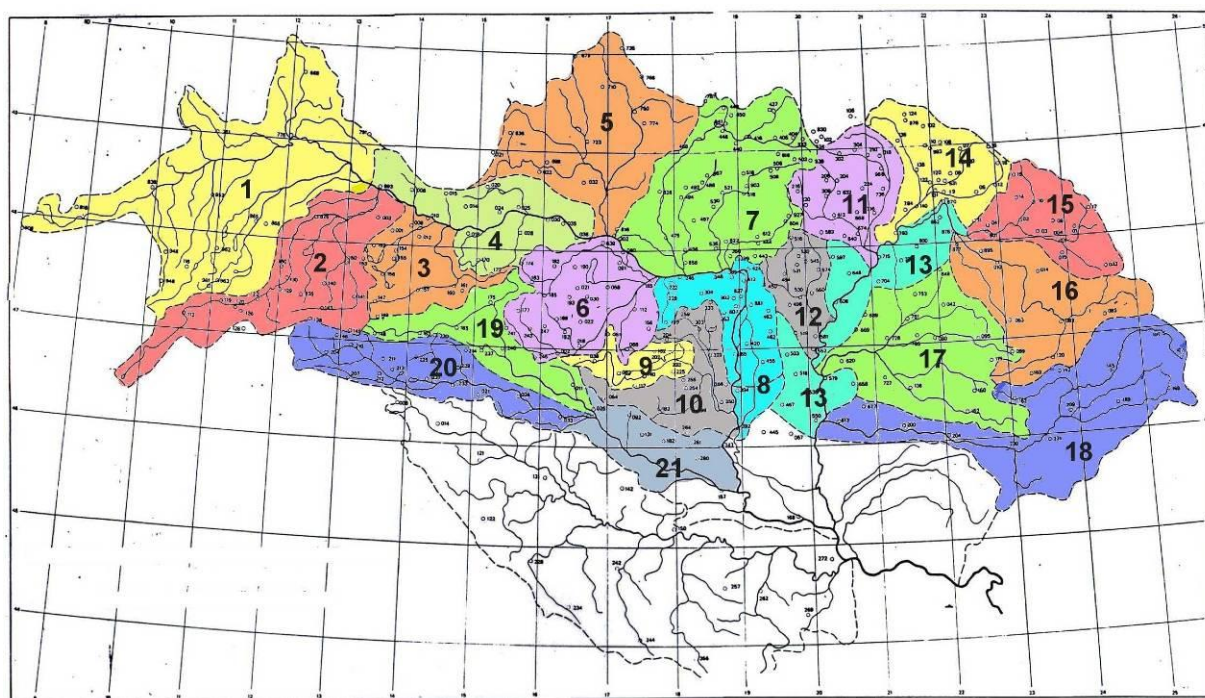
12. ábra Az ECMWF modell teljesítménye az egyes meteorológiai paraméterek tekintetében 2008-ban és 2009-ben

lő bizonytalanságok miatt is – a változtatás nem gyakori.) A módosítás nem mindig sikeres, éves átlagban több vízgyűjtőn a modell jobb prognózist ad, mint a szinoptikus, de közöttük különbség nagyon csekély, tized mm-ben mérhető; mind a 21 területet kiértékelve csupán 0,01%-os előny tapasztalható a modell javára.

4. A szerződéses ügyfeleknek készülő prognózisok verifikálása

Az Országos Meteorológiai Szolgálat ügyfélkörében kiemelten fontos partnereknek számítanak az energiaszektor képviselői. Számukra sok egyéb produktum mellett ún. gáznapi középhőmérséklet-előrejelzéseket szolgáltatunk tized °C pontossággal, ami a reggel 6 órától másnap reggel 6 óráig terjedő napi középhőmérsékletet jelenti.

A következőkben a Fővárosi Távfitő Művek (Fótáv), Fővárosi Gázművek (Fögáz), és az E.ON Energiaszolgáltató Kft. számára készülő gáznapi középhőmérséklet előrejelzés verifikációját mutatjuk be.

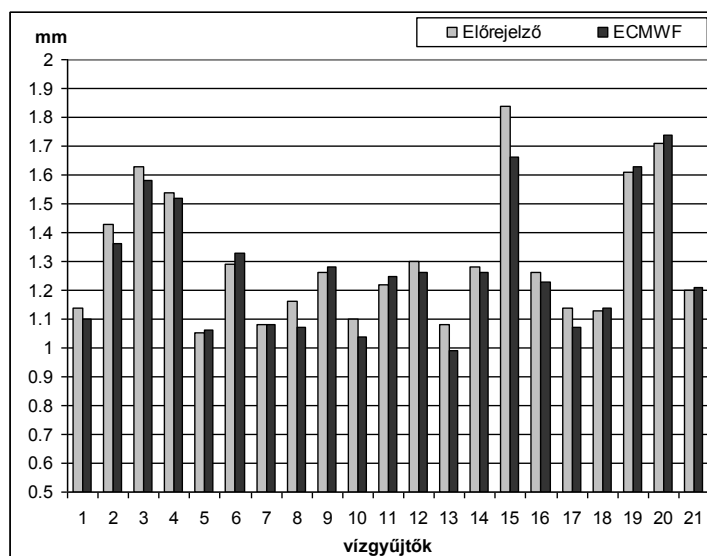


1. Felső Duna	4. Bécsi medence	7. Vág, Garam, Ipoly	10. Kapos, Sio	13. Közép-Tiszavölgy	16. Szamos, Túr, Kraszna	19. Mura
2. Inn	5. Morava	8. Közép-Dunavölgy	11. Sajó, Hernád	14. Bodrog	17. Körösök, Berettyó	20. Dráva felső
3. Traun, Ems	6. Mosoni-D., Rába	9. Zala, Balaton	12. Zagyva	15. Felső-Tisza	18. Maros	21. Dráva alsó

13. ábra: A Duna-Tisza vízgyűjtőterülete

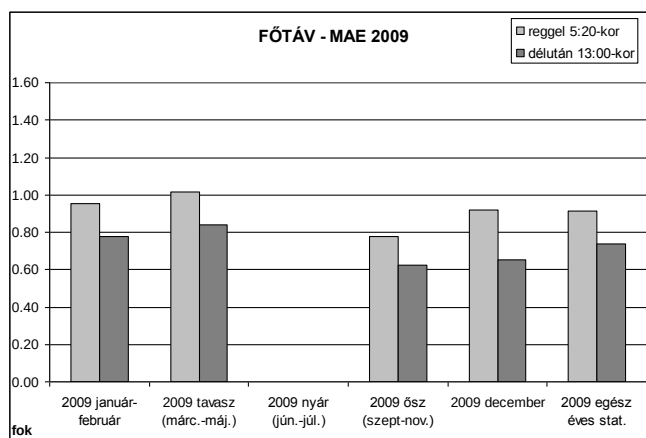
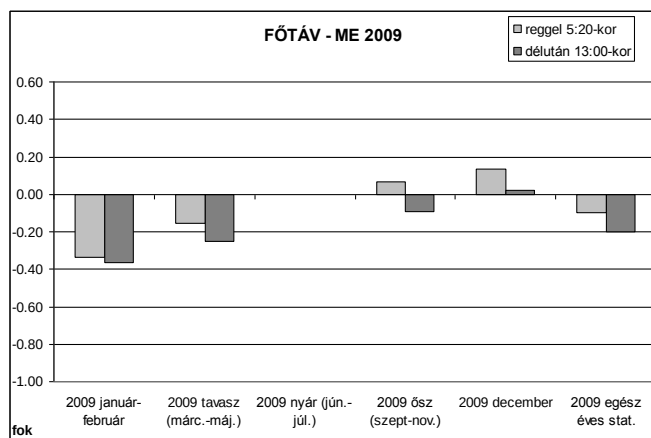
A Fővárosi Távfűtő Műveknek a szerződés értelmében a nyári hónapok kivételével egész évben szolgáltatunk gáznapos középhőmérsékletet három-, illetve négynapos távra, naponta két alkalommal (hajnalban és délután). A 15. ábrán az első napra vonatkozó előrejelzések verifikációja szerepel. A középhőmérsékletek a pestszentlőrinci mérőállomás adataiból származnak. Az ábrán a prognózisok átlagos hibája, átlagos abszolút és négyzetes hibája látható, külön megjelölve a reggeli és a délutáni előrejelzést. Minden időszakban szignifikánsan jobb a délutáni prognózis bevétele, hiszen a nap fele már eltelt, és a szinoptikusnak jóval több információja van a napi időjárásról. A téli hónapokban a hőmérsékleteket általában alábecsülik az előrejelzések, míg kora ősszel gyenge fölébecslés mutatkozik.

A Fővárosi Gázművek szintén gáznapos középhőmérséklet kap naponta kétszer, azzal a különbséggel, hogy csak a másnapra vonatkozó átlagokra van szüksége. A megállapodás értelmében egész évben szolgáltatunk előrejelzéseket, nemcsak Budapestre, hanem a Tápió-völgyre és Tát térségére is. Ebben a munkában csak a Budapestre szóló prognózisokat verifikáltuk. Az eredményeket a 16. ábra szemlélteti. Itt is hasonló a tendencia, azaz a délutáni adatmódosítással hosszabb távon javítanak

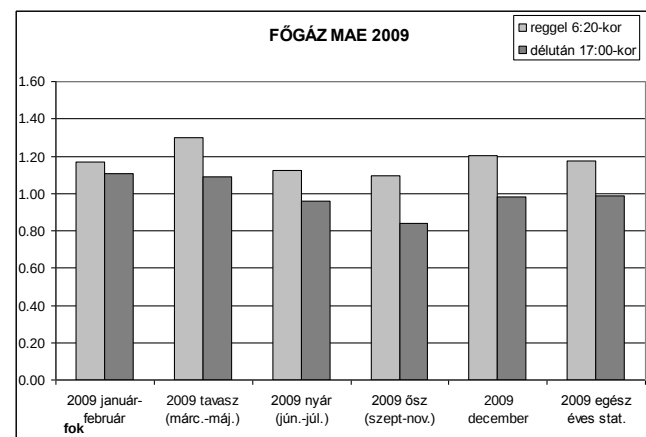
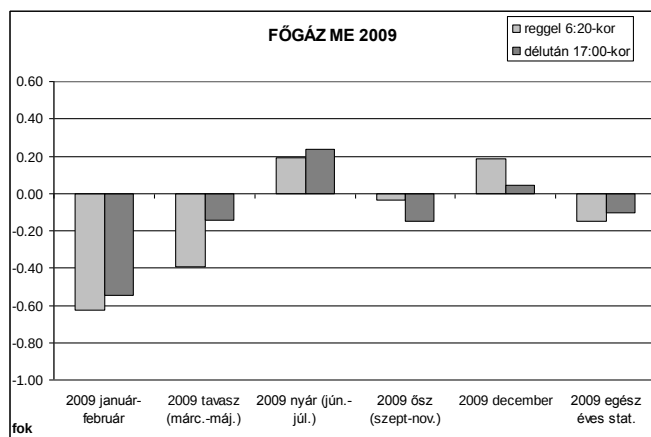


14. ábra: Az egynapos előrejelzés abszolút átlagos hibája vízgyűjtőnként 2009-ben

a szinoptikusok a reggel küldött előrejelzésen. Mivel itt nem a prognózis készítésének napjára, hanem egy nappal későbbre szól az előrejelzés, a módosítás mértéke szerényebb, mint a FÖTÁV esetében, illetve a hibák is kicsivel nagyobbak. A téli és tavaszi időszakban alábecslés, nyáron fölébecslés mutatkozik.



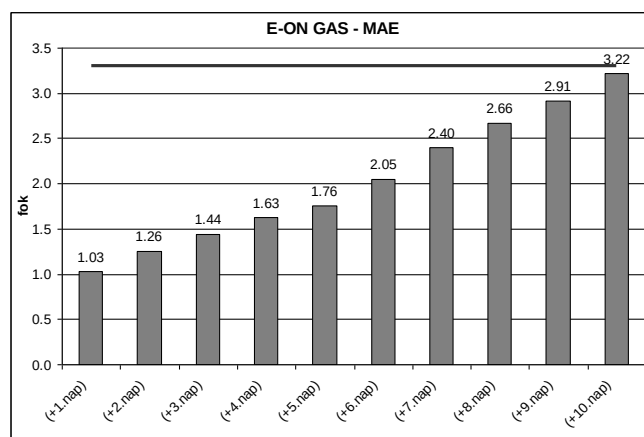
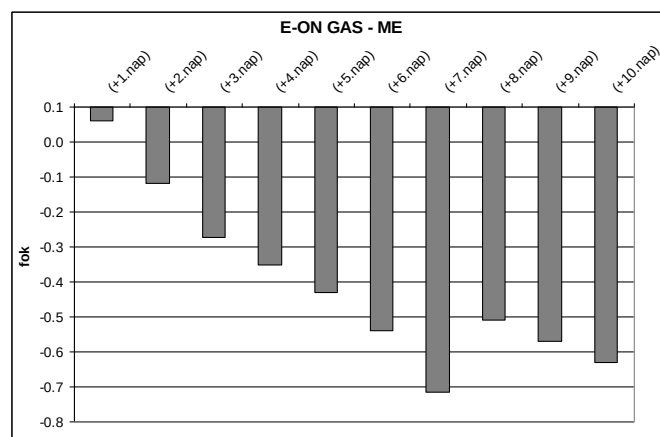
15. ábra A Fővárosi Távfüttő Műveknek készülő előrejelzés átlagos hibája (ME) és átlagos abszolút hibája (MAE) 2009-ben



16. ábra A Fővárosi Gázműveknek készülő előrejelzés átlagos hibája (ME) és átlagos abszolút hibája (MAE) 2009-ben

Az E.ON Energiaszolgáltató Kft. számára gáznapi középhőmérséklet-előrejelzés készül az elkövetkező 10 napra. Hajnalban továbbítjuk a produktumot, a Gázművekhez hasonlóan másnaptól szól a prognózis. Korábban különböző modell outputokból származtatva automatikus prognózis állt elő, 2009. év elejétől az ügyeletes szinoptikus készíti és

továbbítja az előrejelzést. A 17. ábrán a ME, MAE és RMSE értékeket tüntettük fel. A hiba az idővel nő, de még a 10. napon sem haladja meg a ME az 1, a MAE a 3,5 fokot. Prognózisaink még az előrejelzési időszak végén is jobbak a klímaátlagnál.



17. ábra Az E.ON Energiaszolgáltató Kft. számára készülő 10 napos előrejelzés átlagos hibája (ME) és átlagos abszolút hibája (MAE) 2009-ben

LÉGKÖRI ÜVEGHÁZHATÁS A KÖZETBOLYGÓKON

ATMOSPHERIC GREEN HOUSE EFFECT ON ROCKY PLANETS

Bottyán Zsolt

ZMNE BJKMK RLI Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, 5008 Szolnok, Kilián út 1.
bottyán.zsolt@zmne.hu

Összefoglalás: Egy adott bolygó estén a rövidhullámú besugárzás és a hosszuhullámú kisugárzás egyensúlyban van (planetáris energia-egyensúly). A Naprendszer bolygóinak (léggör nélküli esetben) a felszíni globális átlaghőmérsékletét - az adott helyen - a napállandó és a planetáris albedó szabja meg. Az így számított ún. egyensúlyi hőmérséklet - minden légkörrel rendelkező bolygó esetén - alacsonyabb, mint a tényleges (mért) felszíni átlaghőmérséklet. A két hőmérséklet különbségének oka a légkörben lévő - infravörös tartományon elnyelni képes - speciális tulajdonságú gázok jelenléte (szén-dioxid, vízgőz, ózon stb.). A légköri gázok által, az infravörös tartományon történő elnyelés utáni visszasugárzás az ún. üvegházhatás, mely energia-többletet jelent a bolygó számára a légkör nélküli esethez viszonyítva. Az említett hőmérséklet különbség egyben az üvegházhatás mértéke is. A kőzetbolygók esetében a Merkúron nincs, a Földön és a Marson jelentős, míg a Vénuszon rendkívül intenzív az üvegházhatás mechanizmusa, amelynek erőssége az adott bolygó légkörének sűrűségétől és az ún. üvegházhatású gázok (elsősorban a szén-dioxid) koncentrációjától függ. A vénuszi igen magas felszíni hőmérsékletért az ún. megfúto üvegházhatás, a marsi alacsony intenzitású üvegházhatásért pedig a megszűnt vulkanizmus eredményeképpen eltűnt légkör a felelős.

Abstract: In case of a given planet, the short-wave radiation and the long-wave emission are in balance (planetary energy balance). The average surface temperature of planets (without atmosphere) of the solar system (in a given point) is determined by the solar constant and the planetary albedo. The equilibrium temperature calculated on this way, for all planets with atmosphere, is lower than the real (measured) mean surface temperature. The reason of the difference between the two temperatures is the presence of special gases which can absorb in the infrared range (carbon dioxide, water vapour, ozone, etc.). The back-radiation of the gases after the absorption in the infrared range is the so-called greenhouse effect, which causes an energy surplus for the planet compared to the case without atmosphere. The temperature difference is the extent of greenhouse effect as well. Among the terrestrial planets there is no greenhouse effect on the Mercury, but on the Earth and on the Mars the mechanism of it is significant and on the Venus is extremely intensive. The strength of the mechanism depends on the density of the atmosphere of the planets and the concentration of the so-called greenhouse gases (mainly carbon dioxide). For the very high temperature of the Venus the so-called exceeding greenhouse effect is responsible, however the weak greenhouse effect on the Mars is a result of missing atmosphere, which disappeared because the volcanism ended.

Bevezetés

Napjainkban igen gyakran hallunk a globális felmelegedésről, mint az általános éghajlat-változás talán legmarkánsabb tényezőjéről. A globális átlaghőmérséklet mintegy 0,74 °C-os növekedése az elmúlt 150 évben Földünkön tetten érhető (*IPCC jelentés, 2007*). A globális felmelegedés legfőbb oka az emberi tevékenység során a Föld légkörébe juttatott és ott ún. üvegházhatást kifejtő gázok feldúsulása. Jelen munkánkban magával a természetes (nem antropogén eredetű) légköri üvegházhatással, mint univerzális jelenséggel, és ennek éghajlat-módosító hatásával foglalkozunk a Naprendszer kőzetbolygóit illetően.

A természetes légköri üvegházhatás bolygónkon - egy rendkívül összetett folyamat részeként - a földtörténet során biztosította az élet kialakulásának és fennmaradásának a klimatikus feltételeit (elsősorban a globális átlaghőmérséklet szabályozásán keresztül). Ez a fontos moderáló hatás a Földön, a szén geokémiai körforgásának köszönhetően jelent meg, és ez a folyamat a mai napig hatással van a légköri szén-dioxid koncentrációjára is

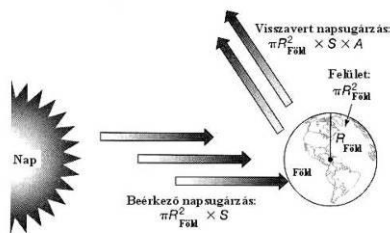
(*Lunine, 1999*). A többi kőzetbolygó esetében ez a folyamat, ha be is indult, valamilyen oknál fogva megállt, így - ahogy majd látjuk - a többi planetán jelenleg rendkívül szélsőséges éghajlat uralkodik (*Kasting, 1988*). Hogy mennyire fontos a légköri üvegházhatás, azt egyetlen példán keresztül illusztrálhatjuk: amennyiben nem működne bolygónk légkörében ez a folyamat, a jelenlegi +15 °C helyett -18 °C lenne a globális átlaghőmérséklet, ami bizonyosan a magasabb rendű élet végét jelentené a Földön, egy intenzív jégkorszak kialakulása következményeként!

Az üvegházhatás tehát szükséges ahhoz, hogy éghajlatunk megfelelő korlátok között maradjon. Ugyanakkor az elmúlt mintegy 150 év éghajlatának története azt is jelzi, hogy az ember képes drasztikusan beavatkozni ezekbe a - tőle függetlenül is működő - folyamatokba, ugyanakkor a hatásaival kevésbé van tisztában! Ennek az antropogén hatásnak (jelen esetben az üvegházhatást előidéző képes gázok szinte korlátok nélküli légkörbe bocsátása) eredménye a globális felmelegedés, aminek rendkívül komoly

következményeivel még csak ezután kell igazából szembe néznünk.

Planetáris energia-egyensúly

Egy **légkör nélküli bolygó** esetében a felszín hőmérsékletének alakulását fizikai értelemben két tényező szabja meg: a naptól érkező **besugárzás teljesítménye** és a felszín **fényvisszaverő képessége** (albedó). Amennyiben feltételezzük, hogy a bolygó éghajlata „nyugalomban van”, azaz fennáll a **kvázi-sztatikus állapot**, akkor a naptól beérkező rövidhullámú és a bolygó által kisugárzott hosszuhullámú energiák egyensúlyban vannak (Kump et al., 2002). A valóság nem pontosan ezt mutatja, hiszen ha így lett volna, akkor a Föld átlagos felszíni hőmérséklete a földtörténet során végig állandó marad. Természetesen ez nem volt mindig így, de igen rövid időskálán jó közelítéssel fennáll a kvázi-sztatikus helyzet. A két említett hőmérséklet-alakító hatás eredőjeként definiálható egy ún. **egyensúlyi hőmérséklet** (T_e) mely a bolygó átlaghőmérsékletét, mint sugárzási egyensúlyi hőmérsékletet reprezentálja. Ez a hőmérséklet jó közelítéssel a légkör nélküli esetben a tényleges átlaghőmérséklettel egyezik meg.



1. ábra. A beérkező és a visszavert napsugárzás mennyisége a Föld esetén (Kump et al., 2002 után módosítva)

A planetáris energia-egyensúlyi egyenlet meghatározása nem túl bonyolult, de előzetesen néhány geometriai tényrt figyelembe kell venni hozzá. A következőkben a Nap – Föld rendszert vizsgáljuk, de ugyanígy járhatunk el tetszőleges bolygó esetében is (Kump et al., 2002).

Ha a Földet úgy tekintjük, mint fekete test, melynek egyensúlyi hőmérséklete T_e , akkor a Stefan – Boltzmann-törvény alapján az egységnyi felületről kisugárzott energia σT_e^4 -vel lesz egyenlő, ahol σ az ún. Stefan – Boltzmann állandó ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$). Mivel a Föld a teljes felületéről bocsátja ki az energiát, amely a $4\pi R_{Föld}^2$ nagyságú gömbfelszínnel egyezik meg, ahol $R_{Föld}$ a bolygó sugara, így a Föld által kibocsátott teljes energia mennyisége (1. ábra):

$$E_{\text{kibocsát}} = 4\pi R_{Föld}^2 \cdot \sigma T_e^4$$

Egy bolygóra a Naptól érkező rövidhullámú elektromágneses sugárzás teljesítményét egyrészt magának a központi csillagnak a teljesítménye, másrészt a bolygó naptávolsága szabja meg. Tekintve, hogy Kepler törvénye értelmében a bolygók naptávolsága változik, célszerű

bevezetni az ún. **napállandó** (S_0) fogalmát, mely a légkör külső határán, közepes naptávolság esetén, időegység alatt, egységnyi felületre merőlegesen beeső energiát jelent. A napállandó értéke a Föld esetében (S_0) 1370 Wm^{-2} . A Naprendszer kőzetbolygóinak távolságát ismerve, könnyen meghatározhatjuk mindegyik esetben a helyi napállandó értékét, ha figyelembe vesszük a **sugárzási energia változásának távolság-törvényét** (1. táblázat).

Bolygó	Közepes naptáv. (CSE)	Napállandó (W/m^2)
Merkúr	0,39	9007
Vénusz	0,72	2643
Föld	1,00	1370
Mars	1,50	609

1. táblázat. A Naprendszer kőzetbolygóinak közepes naptávolsága (CSE, csillagászati egység) és a hozzájuk tartozó napállandók értékei

A Nap irányából nézve a Föld egy körnek látszik, melynek a sugara $R_{Föld}$ és felszíne $\pi R_{Föld}^2$. Jegyezzük meg, hogy a sugárzást felfogó felszín nem azonos a teljes felszín felével, mert a napsugarak nem esnek mindenhol merőlegesen bolygónk adott felületére. A teljes felfogott energiát a Föld kör keresztmetszetének ($\pi R_{Föld}^2$) és a napállandónak (S_0) a szorzata adja. A visszavert energia egyenlő a beérkező energia ($\pi R_{Föld}^2 S$) és az albedó (A) szorzatával. Ha most figyelembe vesszük a nyilvánvaló összefüggést:

$$E_{\text{elnyelt}} = E_{\text{beérkező}} - E_{\text{visszavert}}$$

akkor azt kapjuk, hogy

$$E_{\text{elnyelt}} = \pi \cdot R_{Föld}^2 \cdot S_0 \cdot (1 - A)$$

Tegyük egyenlővé ezek után a beérkező és a kimenő energia-mennyiségeket (az előzőek alapján ezek meg egyeznek)! Ekkor a következő egyenlőség adódik:

$$E = 4 \cdot \pi \cdot R_{Föld}^2 \cdot \sigma \cdot T_e^4 = \pi \cdot R_{Föld}^2 \cdot S_0 \cdot (1 - A)$$

Egyszerűsítve a fenti egyenletet, megkapjuk az ún. **planetáris energia-egyenleg egyenletét**:

$$\sigma \cdot T_e^4 = \frac{S_0}{4} \cdot (1 - A).$$

Ez a formula mutatja a planetáris energia-egyensúlyt a beérkező rövidhullámú és a kimenő infravörös energia között a Földre vonatkozóan, de a többi kőzetbolygó esetében is analóg módon használható.

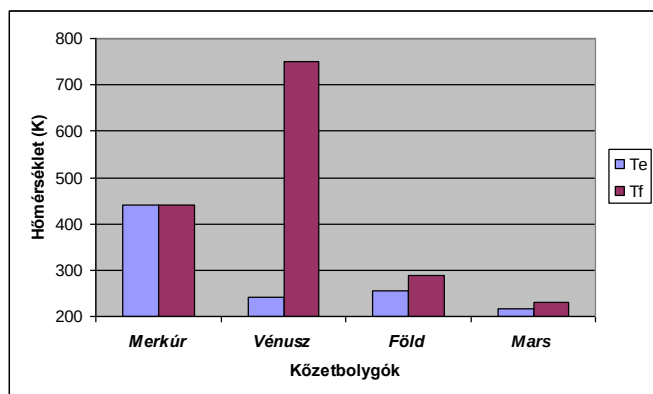
Az egyensúlyi hőmérséklet

A planetáris energia-egyenleg egyenletét megismerve lehetőség nyílik arra, hogy kiszámítsuk egy bolygó egyensúlyi hőmérsékletét, ha ismerjük a bolygóra vonatkozó globális albedót és napállandót. Az egyensúlyi hőmérséklet számítása a planetáris energia-egyenleg egyenletéből a következő formulával történik:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{S_0 \cdot (1-A)}{4 \cdot \sigma}}$$

Amennyiben a Föld megfelelő adatait behelyettesítjük ($S_0 = 1370 \text{ W/m}^2$, $A = 0,3$), akkor azt kapjuk, hogy bolygónk egyensúlyi hőmérséklete $T_e = 255 \text{ K}$, azaz $-18 \text{ }^\circ\text{C}$, ami jóval hidegebb, mint a valóságban tapasztalt $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ -os érték. Ahogy korábban jeleztük, légkör nélküli objektum esetében (pl. Merkúr vagy Hold) az egyensúlyi hőmérséklet jó közelítéssel a tényleges felszíni átlaghőmérsékletet adja meg.

Joggal merül fel a kérdés, vajon mi okozhatja ezt a jelentős átlaghőmérséklet különbséget? Tételezzük fel, hogy a napsugárzáson kívül más külső forrásból nem jut energiához a Föld! Ebben az esetben a többlet-energiának a forrása (ami a $33 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékleti különbséget okozza), csak a Föld légkörének rendszere lehet, hiszen bolygónk szilárd belsejének hőtermelése (ami alapvetően radioaktív bomlásból és a Föld keletkezésekor képződött hőenergia maradványából származik) rendkívül csekély mértékű a napenergiához képest (Lunine, 1999). Erősíti ezt a feltevést az a tény is, miszerint a Naprendszer légkörrel rendelkező kőzetbolygóinak (Vénusz, Föld és Mars) felszíni átlaghőmérséklete minden esetben **magasabb** az adott



2. ábra. A kőzetbolygók egyensúlyi (T_e) és tényleges felszíni átlaghőmérséklete (T_f)

planéta egyensúlyi hőmérsékleténél (2. ábra).

A többlet-energia forrása nem lehet más, mint a légkörben lévő összetevők sugárzás-elnyelése, ami viszont – figyelembe véve az elektromágneses spektrumot – csakis az **infravörös tartományban** valósulhat meg, hiszen a látható tartományban nagyrészt transzparens a légkör. Az atmoszféra bizonyos összetevői tehát erős elnyeléssel (abszorpció) és – Kirchhoff törvénye szerint – kibocsátással (emisszió) rendelkeznek az infravörös tartományban. Ez azt jelenti, hogy a bolygó felszíni hőmérsékletéből származó termikus sugárzást (Stefan – Boltzmann törvény) a légkörben levő gázok egy csoportja elnyeli, és egy részét a felszín felé visszasugározza. Ezt a mechanizmust nevezzük **légköri üvegházhatásnak**. Elmondhatjuk tehát, hogy az üvegházhatást produkáló gázok lényegében csapdába ejtik a bolygó felszínéről emittált energia jelentős hányadát (ami egyébként a világűrbe távozna), majd ennek egy

részét a felszín felé visszasugározzák, többlet energia-bevételhez juttatva a bolygó felszínét.

Az eddig leírtak alapján feltételeztük, hogy a rövidhullámú tartományon nincs jelentős sugárzásgyengítése a légkörnek, szemben az infravörös tartományban tapasztalt elnyeléssel. Ez jó közelítéssel így is van, bár az ózon és egyéb gázok (oxigén, nitrogén) abszorbeálják a nagyenergiájú fotonokat ($0,29 \mu\text{m}$ alatti tartomány) teljes egészében. A napsugárzás teljes energiaspektrumát (Planck törvény) figyelembe véve azonban az említett hullámhossztartományban a naptól érkező energiának csak lényegesen kisebb része érkezik bolygónkra, mint a $0,29 \mu\text{m}$ -nél nagyobb hullámhosszokon (Péczely, 1980).

Az üvegházhatás erőssége és jelenléte a bolygókon

Az eddig leírtakból következik, hogy az **üvegházhatás erőssége** ($\Delta T_{\bar{u}}$) közvetlenül becsülhető az egyensúlyi és a tényleges felszíni hőmérséklet különbségével:

$$\Delta T_{\bar{u}} = T_f - T_e$$

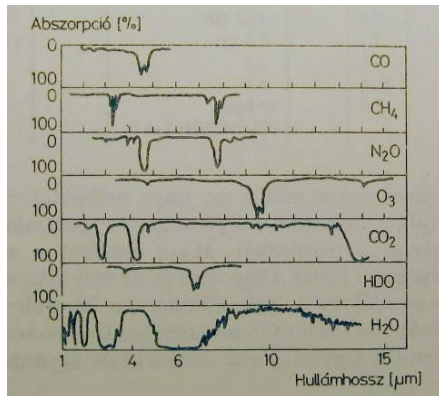
ahol $\Delta T_{\bar{u}}$ az üvegházhatás erőssége, T_f a bolygó tényleges felszíni átlaghőmérséklete és T_e pedig a bolygó egyensúlyi hőmérséklete. Földünk esetén $\Delta T_{\bar{u}} = 33 \text{ K}$, tehát a légkör 33 K -nel emeli bolygónk felszínének átlaghőmérsékletét. A 2. táblázatban a Naprendszer bolygóira vonatkozóan bemutatjuk az üvegházhatás erősségét. Jól látható, hogy a légkör nélküli **Merkúron** az üvegházhatás erőssége gyakorlatilag **nulla**, viszont a **Vénuszon** több, mint **500 Kelvin** melegebb van az üvegházhatás miatt. Még a Mars esetén is hozzávetőlegesen 13 Kelvin magasabban tartja a felszín hőmérsékletét a viszonylag ritka légkör (a földi levegő sűrűségének csak kevesebb, mint századrésze).

Bolygó	Táv. (CSE)	A	S (W/m^2)	T_e (K)	T_f (K)	$\Delta T_{\bar{u}}$ (K)
Merkúr	0,39	0,06	9007,2	439,8	440	0,2
Vénusz	0,72	0,71	2642,7	242,1	750	507,9
Föld	1,00	0,30	1370,0	255,0	288	33,0
Mars	1,50	0,17	608,9	217,3	230	12,7

2. táblázat. A Naprendszer kőzetbolygóinak közepes naptávolsága (Táv.), átlagos planetáris albedója (A), napállandója (S), egyensúlyi hőmérséklete (T_e), átlagos felszíni hőmérséklete (T_f) és az üvegházhatás erőssége ($\Delta T_{\bar{u}}$).

Felmerül a kérdés, hogy a Föld belső szomszédjának (a Vénusznak) a felszíni hőmérséklete miért ilyen kiugróan magas ($750 \text{ K} \approx 480 \text{ }^\circ\text{C}$)? A 2. táblázatban észrevehető, hogy ez a magas hőmérséklet egy rendkívül intenzív üvegházhatás eredménye ($\Delta T_{\bar{u}} = 507,9 \text{ K}$)! A magyarázat a bolygó légkörének összetételében és sűrűségében rejlik (3. táblázat). A vénuszi atmoszférát kb. 96%-ban szén-dioxid (CO_2) alkotja és a felszínen a légnyomás mintegy 90-szer nagyobb, mint a Földön, amiből következik, hogy az említett bolygó légkörében a szén-dioxid koncentráció több nagyságrenddel nagyobb, mint a mi planétánkon! A szén-dioxid gáz ugyanakkor – hasonlóan néhány más gázhoz -

igen jó elnyelő a korábban említett infravörös tartományban, és így már érthető, miért ilyen erős az üvegházhatás a Vénuszon (3. ábra).



3. ábra. A gázok abszorpciója 1-16 μm között a földi légkörben (Bence et al., 1982.)

A Föld esetében a **természetes** (nem antropogén) **üvegházhatást** döntően a légkörünkben lévő **vízgőz** (H_2O), **szén-dioxid** (CO_2) és **ózon** (O_3) okozza (Bence et al., 1982). A vízgőznek és az ózonnak szintén jelentős sugárzás-elnyelése van az 1-15 μm -es tartományban (3. ábra). Vegyük figyelembe továbbá, hogy bolygónk termikus sugárzásának (ami a 288 K-es átlagos felszíni hőmérséklethez tartozik) maximális intenzitása a Wien-féle törvény alapján

Összetevő	Vénusz	Mars
CO_2	96,5%	95,3%
N_2	3,5%	2,7%
SO_2	≈ 100 ppm	
Ar	70 ppm	1,6%
CO	45 ppm	
H_2O	45 ppm	

3. táblázat. A Vénusz és a Mars légkörének fontosabb összetevői és koncentrációjuk (McFadden et al., 2007)

10 μm -es hullámhossznál jelentkezik, ami szintén ebbe a tartományba esik! Meg kell említeni még két fontos természetes légköri összetevőt, a **metánt** (CH_4) és a **dinitrogén-oxidot** (N_2O), melyek szintén üvegházhatású gázok, de szerepük az elmúlt 150 évben, az antropogén kibocsátás megjelenésével vált igazán fontossá (3. ábra). Ugyanakkor, az említett gázoknak a légköri koncentrációja csekély (együttesen még a troposzférában is 4% alatt van), amiből világosan adódik, hogy a Vénuszhoz hasonló erősségű természetes üvegházhatást semmiképp nem várhatunk a Föld esetében!

A másik szomszédos bolygón (Mars) is azt tapasztalhatjuk, hogy az ottani – igaz rendkívül kis sűrűségű (átlagos felszíni nyomás 6,1 mb) – légkör domináns összetevője szintén a szén-dioxid (kb. 95%), mely ebben a csekély mennyiségben is jelentős üvegházhatást produkál. A marsi üvegházhatás erőssége közel 13 K (3. ábra)!

Felmerül a kérdés, hogy mi lehet az oka a vénuszi igen tekintélyes és a marsi rendkívül csekély mennyiségű szén-

dioxid légköri jelenlétének? Ahogy korábban említettük, a szén geokémiai körforgásának a szerepe alapvető a szén-dioxid légköri koncentrációjának szabályozásában. Ez a mechanizmus bolygónkon, a lemeztectonikán és a hozzá kapcsolódó vulkanizmuson keresztül fejt ki hatását hosszú időskálán (10-100 millió év). A légköri szén-dioxid koncentrációja a jelzett időskálán a gáz kőzetekbe való beépülése és a vulkanizmus során történő légkörbe jutása közti különbség eredményeképpen alakul, mely bonyolult fizikai és kémiai folyamatokon keresztül realizálódik. Amennyiben a körforgás valamelyik ága megszakad, a légköri szén-dioxid koncentráció jelentősen megváltozik. Jelenlegi ismereteink szerint a Vénuszon a gáz kivonódása a légkörből megszakadt és a vulkanizmus eredményeképpen fokozatosan növekvő szén-dioxid szint miatt az ún. **megfutó üvegházhatás** (**runaway greenhouse effect**) jelenségét tapasztalhatjuk, a már említett magas felszíni hőmérséklettel (Kasting, 1988). A Mars esetében pedig a megszűnt vulkanizmus (tektonizmus) nem tudta a kőzetekben megkötött szén-dioxidot visszajuttatni a légkörbe, ezért (és a relatíve gyenge gravitációja miatt) a marsi atmoszféra elvesztette légkörének és ezzel együtt üvegházhatásának jelentős részét is. A Merkúr esetében a napközelségből adódó nagy energiaáram és a bolygó kis tömegéből származó gyenge gravitáció nem tette lehetővé semmilyen légkör tartós fennmaradását.

Tekintve, hogy a szén-dioxid egy viszonylag gyakori vegyület az univerzumban, várható, hogy más bolygórendszerekben is előfordul gázneműként, és ott üvegházhatást fejt ki. Ráadásul, a szén-dioxid -79 $^\circ\text{C}$ -nál magasabb hőmérsékleten (gáznemű halmazállapotban) is meglehetősen stabil vegyület, szemben pl. a vízgőzzel, mely elég könnyen disszociációt szenved az UV-B sugárzás hatására. (Földünkön, a sztratoszférában jelenlevő ózon rétege védi meg a vízgőzt a disszociációtól és egyben az atmoszférából történő végleges disszipációtól). Viszonylagos gyakoriságából és stabilitásából adódóan jelentős szerepet játszhat más bolygórendszerek planétáin kialakuló éghajlatok alakításában és stabilizálásában is.

Irodalom

- Bencze, P., Major, Gy., Mészáros E. (1982): Fizikai Meteorológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 300 pp.
- IPCC (2007): Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület negyedik értékelő jelentése. Természettudományos alapok. <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/hungarian/ar4-spm.pdf>
- Kasting, J., F. (1988): Runaway and Moist Greenhouse Atmospheres and the Evolution of Earth and Venus Icarus 74. 472-494
- Kump, L., R., Kasting J., F., Crane, R., G. (2002): The Earth system with global change update. Prentice Hall, Pearson Custom Publishing, Boston, 351 pp.
- Lunine, J., I. (1999): Earth: evolution of a habitable world. Cambridge University Press Boston, 319 pp.
- McFadden, L., A., Weissman P., R., Johnson, T., V. (2007): Encyclopedia of the Solar System. Academic Press, 966 pp.
- Péczely, Gy., (1978): Éghajlat. Tankönyvkiadó, Szeged, 280 pp

A JEZSUITÁK METEOROLÓGIAI TEVÉKENYSÉGE

METEOROLOGICAL ACTIVITY OF JESUITS

Bikfalvi Géza

Jezsuita Rend Levéltár, 1085 Budapest, Mária utca 25., bikfalvi.geza@jezsuita.hu

Összefoglalás: A XVI. század közepétől megalapított jezsuita kollégiumok és egyetemek, az általános műveltség emelésén kívül, a jezsuita rend alapállásának és a világ megismerhetőségét hirdető felfogása által a természettudományos kutatások új központjai lettek. A jezsuiták kiemelkedő szerepe a matematikában és fizikában, valamint hozzájuk szorosan csatlakozó csillagászati megfigyelésekben és felfedezésekben ma már közismert. Azonban a geofizika területén, elsősorban a meteorológia és a szeizmológia tudományában elért eredmények már kevésbé ismertek a közvélemény előtt, pedig a csillagászati obszervatóriumok általában jelentős meteorológiai tevékenységet végeztek.

Abstract: The Jesuit colleges and universities established from the mid-16th century became the new centres of the natural scientific researches. They achieved that by not just developing the classical erudition, but their ideology about the preferences of the Jesuits and about the understandability of the world. The prominent role of Jesuits in mathematics and physics, and in close connection with these, in observations and discoveries in the field of astronomy is well known today. However, the results in the field of geophysics, especially in the science of meteorology and seismology are less known by the public, even though the astronomical observatories usually carried on significant meteorological activity.

A jezsuita kollégiumok meteorológiai tevékenysége

Nagyon sok országban a nemzeti meteorológiai szolgálatok, a rendszeres időjárás-előrejelzés, az egykori jezsuita kollégiumokban működő megfigyelő állomásokból fejlődtek ki. A tudományos színvonalú, folyamatos meteorológiai mérések és időjárás megfigyelések általában a XVIII. század közepétől állnak a tudomány rendelkezésére. A csillagászati obszervatóriumokban, ettől az időtől kezdve műszeres mérésekkel figyelték a hőmérsékletet, a légnyomást, a levegő páratartalmát és a csapadék mennyiségét. Az első francia jezsuita önálló meteorológiai megfigyelő állomásokat a lyoni és a marseillei jezsuita kollégiumokban alapították, elsősorban *Laurent Beraud SJ* (1702–1777) és *Esprit Pezenas SJ* (1692–1776) kutatásainak köszönhetően. Közép-Európában elsőként *Joseph Sterling SJ* (1716–1778) végzett rendszeres meteorológiai megfigyeléseket a prágai jezsuita kollégiumban, 1752 és 1774 között. A missziós területeken szintén megindult a helyi időjárás megfigyelése, mert többnyire az Európában megszokott időjárástól nagyon jelentősen eltértek a klimatikus viszonyok. Dél-Amerikában, *José de Acosta SJ* (1539–1600) már 1590-ben publikálta a méréseit és megfigyeléseit. Kínában pedig *Joseph Amiot SJ* (1718–1793) ismertette és vezette be a műszeres időjárási megfigyeléseket a hőmérő és a barométer használatával, maga 1757 és 1763 között, elsőként végzett rendszeres időjárási megfigyeléseket a Mennyei Birodalom területén, amelyeket később Franciaországban könyv alakban is kiadtak.

Sajnos a jezsuita rend 1773. évi, pápai feloszlása hosszú időre megakadályozta a jezsuiták meteorológiai tevékenységet, de az újraindulás után, a XIX. közepétől

újából megindultak a jezsuiták tudományos megfigyelései az egyes jezsuita kollégiumokban. Az első száz év alatt 40 megfigyelő állomást hoztak létre, amelyek bekapcsolódtak a világszerte folyó tudományos munkába, fontos elemei lettek az egész világra kiterjedő időjárás-előrejelző rendszernek. A legnagyobb segítséget főként a trópusi vidékek időjárási előrejelzésében nyújtottak, mint a kubai Belé, a fülöp-szigeteki Manila, a kínai Zikawei és a madagaszkári Tananarive jezsuita meteorológiai obszervatóriumok.

A Fülöp-szigeteken, a jezsuiták 1865-ben állították fel az első meteorológiai állomásukat a manilai kollégiumban, amely az első rendszeresen megfigyeléseket végző meteorológiai állomás volt a Távol-Keleten. A jezsuiták tevékenységének a fontosságát elismerve, a spanyol gyarmati hatóságok 1884-ben a manilai állomásra alapozva, megalapították a Fülöp-szigeteki Meteorológiai Szolgálatot, amelyet később a hatalomváltás után az amerikai hivatalok is megerősítettek. A jezsuiták segítségével a sok száz szigetből álló országban, már 1900-ban 72 megfigyelő állomás épült fel, amelyekből 1930-ban szintén még a jezsuiták segítségével kiépült a Fülöp-szigeti Időjárás Iroda 300 obszervatóriummal. A manilai meteorológiai megfigyelésekben *Federico Faura SJ* (1840–1897) és

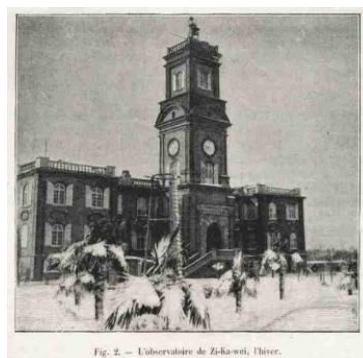


Fig. 2. — L'observatoire de Zikawei, Péter.

A zikawei obszervatórium

José Algué SJ (1859–1930) töltöttek be úttörő szerepet. *P. Algué* elsőként végzett tudományos kutatásokat a trópusi viharokkal, az orkánok és a tájfunok természetfizikáját vizsgálva, az eredményeit spanyol és angol nyelven publikálta, később az általa kifejlesztett aneroid barométer nagymértékben elősegítette a trópusi viharok előrejelzését. *Charles Deppermann SJ* (1889–1957) szintén elsőként végzett *frontológiai* megfigyeléseket és vízmennyiség elemzéseket a trópusi viharok kutatásánál. Sajnos a virágzó manilai jezsuita meteorológiai obszervatórium a japán megszállás idején teljesen megsemmisült.

Kínában, Sanghaj külvárosában, a zikawei kollégiumban, francia jezsuiták alapították meg az obszervatóriumot 1872-ben, amely a XX. század első évtizedeiben már első osztályú tudományos kutatóhelynek számított a meteorológiai, a geofizikai és csillagászati kutatások terén. 1915-től kezdve az állomás már 50 megfigyelőhellyel állt naponta telegráf összeköttetésben, amelyek napi 200 jelentést küldtek körzetük időjárásáról. A zikawei központban kielemezték az adatokat, majd kiadták az időjárás előrejelzést, amely nemcsak a helyi lakosságnak, hanem a tengeri hajózásban is nélkülözhetetlen segítségnek bizonyult. A helyi meteorológiai állomás alapjait, a két viharutató szerzetes: *Marc Dechevrens SJ* (1854–1923) és *Louis Froc SJ* (1859–1932) rakták le, akiket egyébként az eredményes kutatásaik alapján az „orkánok atyjai” címmel tisztelték meg a kollégáik. A munkájukat később *Ernesto Gherzi SJ* (1886–1976) és *Stanislas Chevalier SJ* (1852–1930) folytatták. *Pierre Lejay SJ* (1898–1958) elsőként kutatta a felső légrétegek ózon tartalmát, megfigyelte az ionoszféra szerkezetét, és a napfoltokat vizsgálta. Sajnos a kínai polgárháború végére a világhíres obszervatórium nagy része elpusztult.

A madagaszkári Tananarivében *Elie Colin SJ* (1862–1923) elsősorban a trópusi forgószelek kutatására alapította meg a meteorológiai állomást 1889-ben. Majd 25 megfigyelő pontot alakított ki a szigeten az atmoszféra kutatások céljára. Az 1890 és 1915 között végzett megfigyelések adatait 27 kötetben jelentette meg. Az időjárási és klíma kutatásait később *Charles Poisson SJ* (1882–1965) folytatta.

A szíriai Kszarában, francia jezsuiták 1907-ben alapították meg a meteorológiai megfigyelő állomásukat, amely 1920-ban a Szíriai Meteorológiai Szolgálat központja lett, *Bonneventure Berloty SJ* (1856–1934) vezetésével. Az utódai: *Charles Combier SJ* (1880–1950) és *Jacques Passard SJ* számos tanulmányt jelentettek meg Szíria és Libanon időjárási és klíma adatairól.

1897-ben, a mai Zimbabwe területén fekvő Bulawayo város jezsuita kollégiumában nyílt meg az első tudományos

alapon működő dél-afrikai meteorológiai állomás, *Edmund Goetz SJ* (1865–1933) vezetésével.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy 1893 és 1897 között a Kalocsáról a Zambézi-misszióba került *Menyhárt László SJ* (1849–1897) már számos meteorológiai megfigyelést végzett, amelynek eredményeit Kalocsán több kötetben, német nyelven megjelentették. A Kalocsáról érkezett műszerek a borómai missziós állomás egyik szalmatető házában nyertek elhelyezést. Az alapeszközöket *Haynald* bíboros anyagi segítségével szerezték be, a psychrométert (száraz-nedves hőmérőt), a légnyomás és hőmérsékletregisztráló készülékeket. A légnyomás regisztrálót a párizsi *Richard Frères* cégtől vásárolták, az általa mutatott értékeket aneroid barométerrel hitelesítették, az alapetalon pedig egy hypsométer volt, amely a légnyomás abszolút értékét adta. Az állomás műszerkészletét három nagy és hat kisebb hőmérő egészítette ki. A szélirány mérésére szélzászlót állítottak fel. Később az állomást felszerelték a légköri villamoság mérésére alkalmas készülékkel is.

Az indiai szubkontinensen a meteorológiai kutatásokat, *Eugene Lafont SJ* (1837–1908) az indiai meteorológia megalapítója kezdte a kalkuttai kollégiumban, 1862-ben.

Latin-Amerikában az első tudományos igénnyel felszerelt obszervatórium a Havanna melletti Belén jezsuita kollégiumában létesült 1857-ben. *Benito Vines SJ* (1837–1893) elsőként vizsgálta a karibi térséget rendszeresen végigpusztító trópusi viharok természetét, valamint 1875-ben elsőnek sikerült előre jeleznie egy készülő tornádó kitörését és az átvonulási útvonalát megadni.

A dél-amerikai országokban szintén a jezsuiták alapították az első megfigyelő állomásokat. *Pedro Spina SJ* (1839–1925) a mexikói Puebla jezsuita kollégiumában 1879 és 1901 között vezette a meteorológiai megfigyeléseket, de már 1865-ben megjelent az első könyv Mexikó klimatikus viszonyairól. A kolumbiai fővárosban, Bogotában, *Jesús Ramirez SJ* (1904–1983) alapította meg a modern időjárás előrejelző intézetet *Instituto Geofísico* néven,

1941-ben, amelyben a meteorológiai megfigyelések mellett szeizmológiai kutatásokat is folytatnak. 1934-ben alapították a jezsuiták az argentin San Miguelben, az *Observatorio de Física Cósmica* intézetet, ahol az időjárás előrejelzés mellett a naptevékenység megfigyelése, a kozmikus sugárzás és a légköri elektromosság kutatása. A jezsuiták meteorológiai tevékenységét az ecuadori és a kolumbiai kormányok is elismerték, 1865-ben és 1920-ban hivatalos szerződések

megkötése után a jezsuita meteorológiai állomásokat a nemzeti előrejelző rendszerbe sorolták. *Simon Sarasola SJ*



Observatorio de San Miguel

(1871–1947) a Nemzeti Kolumbiai Meteorológia Szolgálatot vezette 1920 és 1941 között.

A tudományos szempontból sokkal fejlettebb Észak-Amerika területén is kivették a jezsuiták a részüket a meteorológiai tevékenységből. 1896-ban, a clevelandi (Ohio) John Carroll University obszervatóriumát *Frederick Odonbach SJ* (1857–1933) alapította. Az alapító atya a vihart okozó statikus elektromos zavarok mérésére használt eszközt is feltalált. *Jerome Ricard SJ* (1860–1930), az „*esők atyja*” néven tisztelt professzor alapította a kaliforniai Santa Clara University obszervatóriumát, ahol elsősorban az esők mérésével foglalkoznak, Kalifornia állam időjárásának általános kutatása mellett. Az 1908-ban alapított a Missouri állambeli Saint Louis Egyetem geofizikai ob-



James Macelwane SJ.

szervatóriumában meteorológiai és szeizmológiai megfigyeléseket végeznek. Az egyetem geofizikai tanszékét *James Macelwane SJ* (1883–1956) alapította, amely az Egyesült Államok legjobb meteorológusait képezte.

A Társaság második korszakában az európai oktatási intézményekben is újból fellendült a meteorológia iránt az érdeklődés. A legrégebbi, 1838-ban alapított Stonyhurst megfigyelő állomást már 1866-ban Nagy-Britannia legjobb hét obszervatóriuma között emlegették. Az intézetet 1869 és 1889 között, *Stephen Perry SJ* (1833–1889) vezette, aki inkább a csillagászati és geomagnetikus kutatásairól ismert, de számos meteorológiai megfigyelést is végzett, elsősorban a Kerguelen szigeteken az Indiai-óceán déli részén vizsgálta az időjárás változásait, valamint híres volt az Angliában megfigyelt „*fekete esők*” kutatása, amely a légkörbe jutott szén-dioxid szennyeződést mutatta ki. Munkája elismerése gyanánt, egyetlen jezsuitaként, a londoni Királyi Társaság tagjának választották. A spanyol jezsuiták a XX. század elején két fontos meteorológiai állomást létesítettek, 1902-ben a granadai Cartuja és 1905-ben a katalán Ebro jezsuita kollégiumaiban.



Angelo Secchi

A híres-neves római Collegio Romanóban, 1862 és 1877 között, *Angelo Secchi SJ* (1818–1878) vezette a meteorológiai megfigyeléseket. A hőmérséklet és a légnyomásváltozásokról, a levegő páratartalmáról, az esők mennyiségéről és intenzitásukról, valamint a szélirányokról nyert adatokat egy monográfiában is kiadta, amelyet az 1978-as párizsi világkiállításon aranyéremmel jutalmaztak. A Jersey-szigeti jezsuita kollégiumban, 1893-ban egy szélkutató obszervatóriumot alapítottak.

Sajnos a jezsuita kollégiumok meteorológiai obszervatóriumainak többsége a tudomány rohamos haladása, az új drága műszerek és a felszereltség hiánya miatt a XX. század 50-es éveire elavult, ezért bezárták őket. A kínai Zikawei, a kubai Belén és a magyar Kalocsa obszervató-



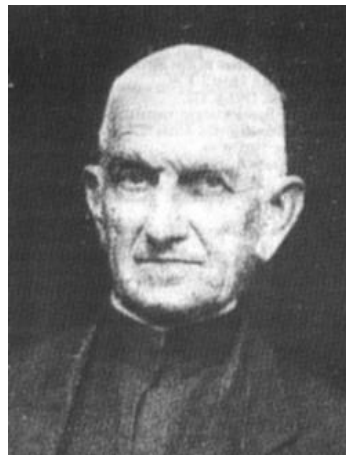
Fig. 5. — Le personnel de l'Observatoire romain à propos d'une visite du directeur de l'Observatoire de Madrid.

Zikawai Obszervatórium személyzete

riumait elsöpörte a kommunista hatalom átvétel, a jezsuiták kiűzésével megszűnt az említett kollégiumok tudományos tevékenysége. Néhány jezsuita oktatási intézmény azonban napjainkban is tudományos munkát folytat, mint Ebro (Spanyolország), Manila (Fülöp-szigetek), La Paz (Bolívia), Bogata (Kolumbia), Brebeuf (Kanada), Saint Loius és Weston (Egyesült Államok) meteorológiai intézetei.

A kalocsai Haynald obszervatórium meteorológiai tevékenysége

A kalocsai kollégiumban 1870 óta folytak rendszeres meteorológiai megfigyelések. *Schenzl Guidó* (1823–1890) főmeteorológus, 1870. augusztus 28-án kelt levelében felkérte a kollégiumot a kalocsai időjárás vizsgálatára. A kollégium beszerezte a megfelelő műszereket *Haynald*



Fényi Gyula

Lajos (1816–1891) bíboros anyagi támogatásával. Az első műszerpark a következő eszközökből állt: szélzászló, szélrózsa, max-min. hőmérő, barométer, normál hőmérő, nagyobb psychrométer ernyő horganyból felakasztá-

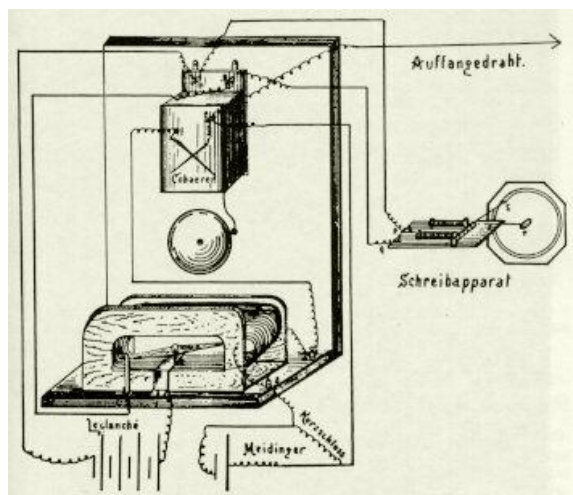
si kereszttel, $1/10 \text{ m}^2$ -es eső henger és gyűjtőpalack, esőmérő henger. Ezekkel a műszerekkel kezdődtek az észlelések, amelyeket mindig a kollégium mindenkori természettan tanára végzett. A meteorológiai állomást *Hünninger Adolf SJ* (1849–1911) igazgatósága alatt egyítették a Csillagdával, aki elsősorban a szélviszonyokat vizsgálta, és a rendszeres mérések eredményeit az általa indított kiadvány sorozatban tette közzé.

Amikor *Fényi Gyula SJ* (1845–1927) vette át az Obszervatórium vezetését, a meteorológiai észlelések már másfél évtizede folytak. Mérték a szél irányát, erősségét, a levegő hőmérsékletét. A Nap-kutató jezsuita szerzetes a napsütéses órák számának mérésére egy új eszközt szerkesztett. A szélmérőt, egy Robinson-féle anemométert, a kollégium tetején helyezték el, mintegy 15 méterre emelkedett a város háztetői fölé, így a szél szabadon hozzáférhetett. A korszerű légnyomásmérő, a Richard-féle barográf, amely folyamatosan jegyezte a légnyomás menetét, *dr. Bornemissza Tibor* szatmári püspök, a kollégium egykori diákjának adományaként került az Obszervatóriumba. A készülék segítségével *Fényi* kimutatta, hogy a légnyomás hármas hullámmal írható le.

A hőmérséklet-mérés kissé problémásnak bizonyult, az észlelést 14 méter magasságban végezték, ami azonban eltért a talajszinten mérhető értéktől. *Fényi* hasztalan fáradozott, hogy egy megbízható személyt találjon, aki a városon kívül legalább egy évig terminus észleléseket végezzen, hogy ezekből a redukciós faktor megállapítható legyen. Sok új műszert szerzett be, a harmadrendű meteorológiai megfigyelő állomásból, a korszerű műszerek révén, elsőrangú obszervatóriumot szervezett.

Az Obszervatórium, a *Fényi*t követő új igazgató, *Anghern Tivadar SJ* (1872–1952) alatt tovább fejlődött, főként az állami támogatásnak köszönhetően. Mivel az egyre fejlődő ipar és közlekedés – köztük a légi –, egyre megbízhatóbb meteorológiai adatszolgáltatást követelt, a Belügyminisztérium rendelete folyamán az öt pilóta állomás egyikét Kalocsán jelölték ki. A régi, egyébként is felújításra szoruló anemográf helyett újat állítottak fel, egy Sprung-Fuess elektromos készüléket, amely 16 szélirány jelzésére volt alkalmas. Az új meteorológiai eszközt, a tetőgerinc felett, 2,2 méter magason helyezték el, így ki-védtek a légörvények torzító hatását. A meteorológia terén

elsősorban a hosszú észlelési periódusú mérések adatait



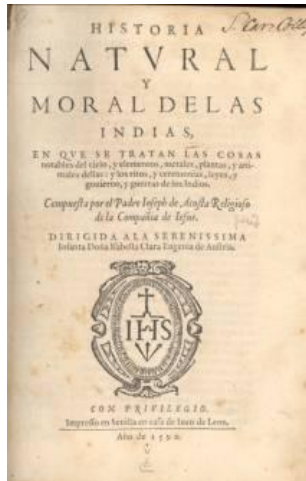
Fényi-féle viharjelző

dolgozták fel. *Anghern Tivadar*, 1933. április 7-én, az MTA levelező tagjának választotta, a kalocsai széljárást feldolgozó székfoglaló értekezésével. A II. világháború

után az Obszervatórium vezetését *Tibor Mátyás SJ* (1902–1995) vette át, de a meteorológiai megfigyeléseket *Holovics Flórián SJ* (1903–1988) végezte, a kollégium 1948. július 21-i államosításáig. Sajnálatos módon az államosítás után az Obszervatórium műszereit leszerelték, és tudományos könyvtárával együtt a fővárosba szállították.



P. Anghern Tivadar



José Acosta könyve

Irodalom

- Anghern Tivadar SJ 1928: *Fényi Gyula SJ. Az időjárás* 32,33-39
- Anghern Tivadar SJ 1946: P. *Fényi Gyula SJ meteorológiai irodalmi működésének jegyzéke. Az időjárás* 50, 97–98
- Bíró Bertalan 1942: *A Nap-kutató Fényi Gyula SJ*. Bp., 1942
- Fényi Gyula: SJ 1895: Menyhárt László meteorológiai megfigyelései Boromában. MTA Értesítője* 13, 458–472
- Gulyás István: *Anghern Tivadar 1991: Haynald bíboros emlékezete*. Kalocsa. 1991, 17–31
- Mojzes Imre 1986: *A kalocsai Haynald obszervatórium története*. Bp., 1986
- Riegl Sándor SJ 1902: *Levegő-elektromos mérések Kalocsán. Az időjárás* 6, 155–160
- Székely László 1999: *A Nap magyar kutatója. Fényi Gyula és a jezsuita természettudomány*. Bp., 1999
- Teres Ágoston SJ 1995: P. *Tibor Mátyás. Provinciánk Hírei* 37. sz. (1995. március-április) 21–22
- Tóth Mike SJ 1910: *A kalocsai kollégium 50 éve*. Kalocsa, 1910
- Udias, Augustin SJ 1998: *Jesuiten und Meteorologie. Jesuiten. Jahrbuch der Gesellschaft Jesu* (1998) 88–91

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

aeroszol részecskék

A levegőben, mint közegben szétszóró állapotban előforduló folyékony vagy szilárd halmazállapotú részecskék. Élettartamuk néhány perctől akár több hónapos időtartamig terjedhet a részecskék méretétől és tömegétől függően. Méretük 0,001 és 100 nm közé esik. Az egészségre gyakorolt hatásuk függ a méretüktől, ugyanis a nagyobb méretű szemcsék megakadnak az orrunkban, míg az egészen kicsik lejutnak a tüdő mélyére. A városi aeroszolok összetétele nehezen meghatározható, a részecskékre rátapadnak egyéb szennyezők pl. : PAH-ok, nehézfémek. (Mészáros Ernő: *Az élet meghatározó eleme: az oxigén*)

UV sugárzás

Ultraviola, ultraibolya fény a látható fénynél rövidebb, de a röntgensugárzásnál hosszabb hullámhosszú elektromágneses sugárzás. Hullámhossztartománya 200-400 nanométer, ami a látható és a röntgensugárzás tartománya (0,01-100 nm) közé esik. A latin eredetű ultra, azaz „valamin túl”, és az ibolya vagy viola, mint a legrövidebb hullámhosszú látható fény színe szavakból tevődik össze. Magyarra lefordítva ezért ibolyántúli sugárzásnak is mondják.

- közeli UV (380–200 nm, rövid. NUV)
 - UV-A (400–315 nm), más néven hosszúhullámú vagy "blacklight" - legmagasabb skála: 10
 - UV-B (315–280 nm), más néven középhullámú - legmagasabb skála: 8
 - UV-C (< 280 nm), más néven rövidhullámú vagy "germicid" legmagasabb skála: 6
- távoli vagy vákuum UV (200–10 nm, rövid. FUV v. VUV)
- extrém UV (1–31 nm; rövid. EUV vagy XUV)

Hatása:

- UV-A (315-400 nm): A földfelszínre beeső sugárzás legnagyobb része. A többi UV-sugárzáshoz hasonlóan károsítja a kollagén rostokat, hozzájárulva így a bőr öregedéséhez.
- UV-B (280-315 nm): A Napból érkező sugárzás nagy részét elnyeli a Föld ózonrétege. Jótékony hatású az emberi szervezetre, mert elősegíti a csontképződést (D-vitamin képződést).
- UV-C (200-280 nm): teljesen elnyeli a földi légkör, csak az űrbe kilépő embereknek kell az UV-C-re védelmet biztosítani. Baktériumölő, sterilizálásra használják.

(Mészáros Ernő: *Az élet meghatározó eleme: az oxigén*)

hidrogénkötés

A másodrendű kémiai kötések közé tartozó kapcsolat, amely néhány hidrogéntartalmú vegyület, így pl. a víz, az ammónia és számos szerves anyag sajátos viselkedését

idézi elő. A víz tulajdonságainak és szerkezetének a vizsgálata vezetett el ahhoz a felismeréshez, hogy az egyik vízmolekulában kovalens kémiai kötessel kötött hidrogénatom egy másik vízmolekula oxigénatomjához képes kapcsolódni, s így a hidrogénatom a két molekulát összekapcsolja. a hidrogénkötés kialakulására főként akkor nyílik lehetőség, ha a molekulában a hidrogén nagy elektronegativitású atomhoz kapcsolódik, vagyis a kötés erősen poláris. További feltétel még az is, hogy a nagy elektronegativitású atom egy vagy több nem kötő elektrópárral is rendelkezék, ahová a hidrogénatom kapcsolódhat. A hidrogénkötésnek nagy szerepe van a biokémiai fontos molekuláknál, polipeptideknél, fehérjéknél, szénhidrátoknál, nukleinsavaknál. A hidrogénkötés energiája kb. tizede az elsőrendű kötések energiájának. A másodrendű kötések közül a legerősebb. (Mészáros Ernő: *Az élet meghatározó eleme: az oxigén*)

verifikálás

Tudományos ellenőrzésnek (verifikációnak) a hipotéziseknek igazságtartalmukra és prediktív erejükre történő tesztelését nevezzük. A tapasztalati tudományokban (pl. a meteorológia) bizonyításra nincs lehetőség. Itt bizonyítás helyett csupán az állítások ellenőrzését (tesztelését, bizonyítás nélküli igazolását) várhatjuk el. A tesztelés az állítást alátámasztó vagy cáfoló tények (továbbá érvek és ellenérvek) szisztematikus feltárását, összegyűjtését és szintézisét jelenti (ennek eszköze többek között az adatgyűjtés, a kísérlet, valamint a logikai vizsgálat is). (Pátkai Zsolt: *Az időjárás-előrejelző Osztályon 2009-ben készült előrejelzések verifikációja*)

jezsuita rend

A jezsuiták a Jézus Társasága katolikus szerzetesrend tagjai. A jezsuita rend alapítója Loyolai Szent Ignác (Íñigo López de Loyola) spanyol szerzetes. Rendalkotmányukat III. Pál pápa 1540-ben hagyta jóvá. A rendalapítás idején terjedő reformáció döntően meghatározta az alakulófélben lévő jezsuita rend szellemiségét. A jezsuiták is az egyház megújulásáért szálltak síkra, de anélkül, hogy elszakadtak volna a katolikus egyháztól, amelyet szerintük a római pápához való hűségük biztosít. A Jézus Társasága jelenleg a katolikus egyház legnagyobb létszámú szerzetesrendje. Világszerte mintegy 20 000 jezsuita él összesen 126 országban. Elsősorban lelkigyakorlatokkal, neveléssel és oktatással, a médiával, valamint szociális és egyéb lelkipásztori munkákkal foglalkoznak. Jelmondatuk: *Mindent Isten nagyobb dicsőségére!*, illetve: *A hit szolgálata és az igazságosság előmozdítása.* (Bikfalvi Géza: *A jezsuiták meteorológiai tevékenysége*)

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

NEWS OF MMT – HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY

Balogh Beáta

Magyar Meteorológiai Társaság, 1181 Budapest, Gilice tér 39., balogh.b@met.hu

Rendezvényeink 2011. január 1. és március 31. között
Our programmes between 1 January and 31 March 2011

Január 25

Adamcsek Edit: *Az Ensemble Transform Kálmán-sűrű eljárás légköri adatasszimilációban való alkalmazása - The application of the Ensemble Transform Kalman Filter technique at the Hungarian Meteorological Service;*

Jelena Bojarova: *The hybrid Ensemble variational data assimilation scheme in HIRLAM* (Légkördinamikai Szakosztály rendezvénye)

Február 22.

Kubassek János: *A felfedező barlangász, a világljáró karsztkutató, a múzeumlalapító földrajztudós Cséke Zsolt filmjének bemutatása „Életem – utazásaim” - beszélgetés Balázs Dénes geográfusról* (Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Február 24.

"2010 éghajlata, időjárása és vízjárása a tényadatok tükrében"

Móring Andrea, Lakatos Mónika, Nagy Andrea, Bihari Zita: *2010 éghajlati értékelése, átlagok és szélsőségek*

Bonta Imre, Kolláth Kornél, Babolcsai György, Ujváry Katalin: *2010 időjárása, különös tekintettel a nagy csapadékokra és más veszélyes jelenségekre; Bálint Gábor, Szalai József, Varga György:* *Vízjárasi események: folyók, tavak és a talajvíz* (OMSZ, MMT és MHT közös előadó ülés)

Március 8.

Tóth Zsombor: *Látogatás a világ ötödik legkisebb országában és vendégeskedés az Adria királynőjénél „Tanítványaink a katedrán” program* (Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Március 22.

Gadányi Péter: *A vulkánkitörések hatása az időjárásra* (Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Március 23.

Meteorológiai Világnap

Az ünnepi beszédek és a díjak átadása után:

Bihari Zita: *Éghajlati ismeretek az élhető mindennapokhoz*

A Világnapról bővebb információ ebben a számban. (OMSZ-MMT közös rendezvény).

Március 23.

Varga-Fogarasi Szilvia: *Az UV-sugárzás mérése és előrejelzése az Országos Meteorológiai Szolgálatnál* (Róna Zsigmond Ifjúsági Kör rendezvénye)

Március 28.

Jean-Francis Geleyn, a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagja (Co-ordinator and later Programme Manager of ALADIN 1991-2010) *International collaboration on Limited Area Modelling (LAM) over the past decades- The example of the ALADIN R&D activities within and involving pan-European landscape for Numerical Weather Prediction (NWP) - székfoglaló előadás.*

Március 31.

60 éves a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszéke

Tar Károly: *A Meteorológiai Tanszék története*

Szegedi Sándor: *A Meteorológiai Tanszék jelene és jövője*

(DE Meteorológiai Tanszék, MMT Debreceni Csoport, DAB Meteorológiai Munkabizottság közös rendezvénye a Meteorológiai Világnap alkalmából).

2011. első negyedévében felvett tagok névsora

Herman Ákos, Kuntár Roland, Nagy Roland, Paizs István, Polna Balázs, Salamon Jenő, Steierlein Ákos

ÉGHAJLAT A MINDENNAPOKÉRT

METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2011

'CLIMATE FOR YOU'

WORLD METEOROLOGICAL DAY' 2011

Móring Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., moring.a@met.hu

2011. március 23. Nagy nyüzsgés a Országos Meteorológiai Szolgálat székházának Díszterme körül. Igen, idén is elérkezett a meteorológusok nagy ünnepe: a Meteorológiai Világnap. A Meteorológiai Világszervezet immáron **61.** születésnapját ünnepeltük idén.

WMD'2011 It is the 23th March 2011. Big bustle around the Ceremonial Hall of the headquarters of Hungarian Meteorological Service. Yes, the great celebration of meteorologists has come: the Word Meteorological Day. We celebrated the 61th birthday of the Word Meteorological Organization.

Az összegyűlteket először Dunkel Zoltán elnök köszöntötte. Mint minden évben, a Meteorológiai Világszervezet idén is egy adott téma köré szervezte a Meteorológiai Világnapot, mely téma idén „Climate For You” volt, azaz fordításunkban „Éghajlat a mindennapokért”. Erre reflektálva elmondta, hogy az elmúlt évben inkább az időjárás, mint az éghajlat okozott problémákat országszerte, beszédében kiemelte az elmúlt év extrém csapadékviszonyait.

Ahogy elnökünk is utalt rá, az ünneplést valamelyest beárnyékolta a kérdés: „Lehet, hogy jövőre lesz éghajlat, holnap meg időjárás, de kérdés, hogy jövőre lesz-e nemzeti meteorológiai szolgálat?” Köztudott, hogy a Szolgálat működését felügyelő miniszter súlyos, 54%-os támogatási elvonást alkalmazott az OMSZ-szal szemben. A bizonytalanság ellenére Dunkel Zoltán mégis önfeladta ünneplésre bízta a jelenlévőket: „Van mit ünnepelnünk, hiszen a nemzeti szolgálat és a katonai meteorológiai szolgálat is teszi a dolgát, és én azt hiszem, hogy jól végezzük a munkánkat, van mire büszkének lennünk.” A helyzet komolyságát zárszavai hivatottak ellensúlyozni, Bernard Slade komédiájából idézve: „Jövőre veled ugyanitt.”

Az ünnepségen vendégünk volt Rácz András környezet- és természetvédelemért felelős helyettes államtitkár, aki szintén köszöntötte a hallgatóságot. Szavaival a meteorológusokat méltatta, és kifejezte, hogy a miniszterelnök számára fontos a Szolgálat tevékenysége és műkö-

dése, mint elmondta: „az OMSZ a hazai meteorológia letéteményese”.

A helyettes államtitkár a miniszter nevében megköszönte a Szolgálat tevékenységét évtizedek óta segítők munkáját, majd megkezdődött a hagyományoknak megfelelően a díjak átadása.

A díjazottak először a miniszteri kitüntetések vehették át.

Schenzl Guidó Díjat kapott:**Posztumusz - Dr. Dévényi Dezső**

„A numerikus modellezésben és a statisztikus meteorológia fejlesztésében elért magas színvonalú eredményeiért, iskolateremtő munkájáért.”

A díjat Dévényi Dezső özvegye vette át.

Dr. Haszpra László

„A légszennyező anyagok terjedésének és kémiai átalakulásának vizsgálatában elért magas színvonalú eredményeiért, kiemelkedő publikációs tevékenységé-

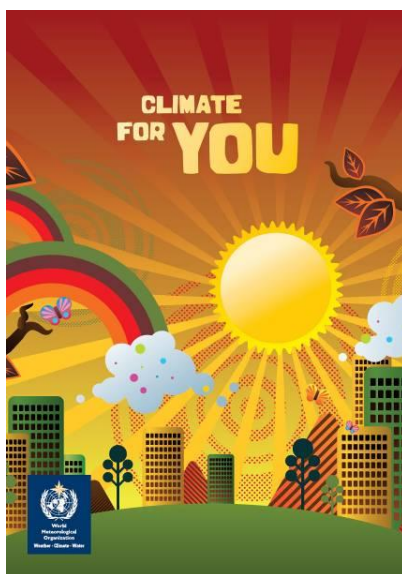
ért és oktató munkájáért.”

Dr. Wirth Endre

„A jégeső-elhárító rendszer létrehozásáért Baranya és Bács megyében, és annak megbízható, hatékony működtetéséért.”

A Pro Meteorologia Emlékérmét idei nyertesei:**Dr. Faragó István**

„A légkörfizika, meteorológia, klimatológia tudományterületén végzett kimagasló minőségű egyetemi oktatói és kutató munkájáért.”



Molnár Károly

„Több évtizedes előrejelzési munkájáért, a jégeső-elhárításban végzett tevékenységéért, a katonameteorológia elismertségének növelésében játszott szerepéért.”

Dr. Putsay Mária

„Kiemelkedő – hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt magas színvonalú műhold-meteorológiai kutatási, alkalmazási, ismeretterjesztési tevékenységéért.”

Szeibert Tivadarné

„Az OMSZ pénzügyi tevékenységében végzett sokrétű, lelkiismeretes, pontos, megbízható munkájáért.”

Miniszeri Oklevelet kapott:**Hodossyné Rétfalvi Rita**

„Az elmúlt 16 év alatt az OMSZ informatikai rendszerének kialakításában végzett meghatározó szerepéért, vezetői tevékenységéért.”

Kis Kovács Gábor

„A Szolgálat üvegházgáz nyilvántartási tevékenységének vezetéséért, sokrétű tudásáért, melyet a szakma több területén, valamint a nemzetközi kapcsolattartásban eredményesen kamatoztat.”

A kitüntetett társadalmi észlelőknek Dunkel Zoltán elnök gratulált.

Társadalmi észlelői kitüntetésben részesültek:**A Hollósi Család (Rinyakovácsi/Csökölly)**

„A Somogy megyei Rinyakovácsiban 1899-ben létesült először csapadékmérő állomás, melynek vezetését a Hollósi család 1936-ban vette át. 1977-ig Hollósi Sándor, majd lánya, Kántor Józsefné végezte a méréseket, s ezt a feladatot a mai napig ellátja. A család 1992-ben a szomszédos Csököllyre költözött, és ott folytatta a megfigyeléseket. Ebből ered az állomás kettős elnevezése.”

A Marics Család (Ják)

„Jákon 1901-ben létesült először csapadékmérő állomás. 1956-ban Marics Gyula erdész vállalta az állomás vezetését. 1968-ban bekövetkezett halála után felesége folytatta a méréseket, 1978-ig. Az utóbbi évtizedekben lánya Molnár Jánosné végzi ezt a feladatot.”

Papp Ferencné (Abod)

„Abod községben 1934-től működik csapadékmérő állomás. Az állomás a több mint 70 év alatt háromszor változtatott helyet, de a hosszú adatsor majdnem hiánytalan. Papp Ferencné, 1961-ben vette át a csapadékmérő állomás vezetését.”

Perjés Miklós (Szár)

„Szár községben, Tatabánya és Bicske között 1900-ban létesült csapadékmérő állomás. A több mint 100 éves adatsor a II. világháború éveit leszámítva hiánytalan. A létesítéstől számítva, azaz a 110 év alatt 7 munkatársunk végezte a méréseket és megfigyeléseket. Perjés Miklós 1968-ban vette át az állomás vezetését”

A korábbi hagyományoknak megfelelően átadásra került a Szolgálat Tudományos Tanácsa által megszavazott nívódíj is a legjobbnak ítélt publikációért. Az oklevelet Dr. Horváth László, az OMSZ Tudományos Tanácsának elnöke adta át.

A nívódíj idei nyertese:**Dr. Haszpra László**

„Az *„Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective”* címmel a Springer kiadónál idén megjelent tudományos mű szerkesztői munkájáért, valamint *„Climate variability as reflected in a regional atmospheric CO2 record”* c., a svédországi Tellus folyóirat, 2010. 5. számában megjelent cikkéért.”

Az ünnepségen első alkalommal talált gazdára a Dévényi Dezső örökösei és az Országos Meteorológiai Szolgálat által alapított Numerikus Prognosztika Emlékérem. A díjat és az oklevelet a Szolgálat elnöke adta át a kitüntetettnek.

Numerikus Prognosztika Emlékérem első tulajdonosa:**Dr. Havasi Ágnes,**

tanársegéd, az ELTE Meteorológia Tanszékének munkatársa.

A díjátadó ceremóniát követően Konkolyiné Bihari Zita, az Éghajlati Osztály vezetője megtartotta a Világnapon szokásos szakmai előadást. *Éghajlati ismeretek az élehető mindennapokhoz* című prezentációja a Meteorológiai Világszervezet „Climate For You” témájára rimelt. Az előadásban ismertette az éghajlat történelmi szerepét, a WMO tevékenységét az éghajlati területen, illetve az éghajlatváltozás várható hatásait és az ezekre való felkészülés lehetőségeit. Természetesen részletes bemutatásra került hazai vonalon is a klimatológiai tevékenység, kiemelten az OMSZ éghajlati kutatásai, módszerei és szolgáltatásai. Előadását Michel Jarraud elismerő szavival zárta, aki a 2011-es Világnap alkalmából köszönetet mondott a Meteorológiai Világszervezet 189 tagállamában dolgozó minden kollégájának, „azoknak tehát, akik érdemben hozzájárultak az „Éghajlat a mindennapokért” válóra váltásához.”



A 2011. évi Meteorológiai Napon kitüntettek balról jobbra:
 Haszpra László, Rétfalvi Rita, Molnár Jánosné (Ják), Perjés Miklós (Szár) (takarásban), Toplak Ferencné (Kántor Józsefné lánya – Rinyakovácsi/Csököly), Putsay Mária, Kis Kovács Gábor, Szeibert Tivadarné(takarva), Papp Ferencné (Abod), Faragó István, Rácz András helyettes államtitkár, Molnár Károly, Dunkel Zoltán elnök, Wirth Endre



Vincze Enikő, Papp Gabriella szervezők



Bihari Zita előad



Az ünneplők egy csoportja



Haszpra László



Putsay Mária
 átveszi a kitüntetését



Molnár Károly

2010/2011 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF WINTER 2010/11

Móring Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., moring.a@met.hu

December. Hazánk egész területén hidegebb volt a szokásosnál decemberben. A legnagyobb eltérések (-3 - -4°C) a Duna-Tisza közének északi részén és a Kisalföld területén jelentek meg. Az időszak elején tapasztalt felmelegedés 8-án tetőzött. A felmelegedés időszakában, 7-én megdőlt a napi maximum-hőmérséklet rekordja Sellye állomásunkon, ahol 18,5°C-ot mértek. A hónap közepén erőteljes lehűlés volt jellemző, 19-én országos átlagban közel 9,5 °C-kal volt hidegebb a szokásosnál. A hónap végén újabb felmelegedés majd lehűlés következte egymást, mely során először néhány nap alatt mintegy 16 °C-ot nöött, majd ugyanennyit csökkent a hőmérséklet.

A hideg küszöb napok száma is a szokásosnál hidegebb időjárásra utal. Mind a fagyos, mind a zord, mind a téli napokból többet számoltunk a sokéves átlagnál.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

18,5 °C, Sellye (Baranya megye), december 7.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-23,7 °C, Martonvásár (Fejér megye), december 19.

A Dunántúlon a havi csapadékösszegek decemberben a sokéves átlag alatt maradtak, míg a Tiszántúlon az átlag kétszeresét meghaladó összegek rajzolódtak ki. Kiemelkedő, 10 mm-t meghaladó csapadékösszeg országos átlagban a hónap első napján, illetve 25-én volt jellemző.

A hónapban átlagosan 16 napon hullott csapadék az ilyenkor szokásos 11 helyett, és ebből 11 napon havazott, a sokéves átlagnál 6-tal többször.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

136,2 mm, Sonkád (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

27,9 mm, Vértsekthely (Komárom-Esztergom megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

55,4 mm, Újfehértó (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye), december 1.

Január. Az ország túlnyomó részén az átlagosnál 1 °C-kal vagy annál is enyhébb volt az idei január. A napi középhőmérséklet országos átlagban a hónap felében, 7-étől 21-éig a sokéves átlag fölött volt. A legmelegebb nap 14-e volt, amikor a hőmérséklet a 6 °C-ot is meghaladta, az anomália pedig közel +9 °C volt. Egy nappal később megdőlt a napi maximum hőmérsékleti rekord, Szombathelyen 13,6 °C-ot mértünk.

Az enyhébb időjárás hatására a hideg küszöbnapokból is rendre kevesebb volt: 22 fagyos nap volt, 3-mal kevesebb a szokásosnál, 2 zord nap, mely az átlagnak éppen a fele, valamint eggyel kevesebb, összesen 10 téli napot számoltunk.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

15,8 °C, Sellye (Baranya megye), január 9.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-18,7 °C, Zabar (Nógrád megye), január 29.

Szinte az egész ország területén kevesebb csapadék hullott a szokásosnál ebben a hónapban, a Dunántúlon az értékek a

sokéves átlag felét sem érték el. Országos átlagban kiemelkedő csapadékösszeg 19-én volt jellemző, a mért napi csapadékösszeg ezen a napon nyom és 11 mm között alakult, a nagyobb értékeket elsősorban az északkeleti országrészben regisztráltuk, de a Dél-Dunántúlon is előfordultak 8 mm körüli összegek.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

46,1 mm, Sárospatak (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

3,2 mm, Kisbárapáti (Somogy megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

15,8 mm, Alsószentmárton (Baranya megye), január 19.

Február. Országszerte hidegebb volt a február a szokásosnál. A hónap intenzív, mintegy 8 °C-os felmelegedéssel kezdődött. Országos átlagban a 6-a volt a legmelegebb, amikor több mint 4 °C-os átlaghőmérséklet uralkodott hazánkban. Ezen a napon volt a legnagyobb pozitív hőmérsékleti anomália is, mintegy +4 °C. Ezt követően két hét ingadozás után 19-én hasonlóan markáns lehűlés kezdődött, mely során a középhőmérséklet -5 °C közelébe süllyedt. A negatív anomália ezen a napon volt a legnagyobb, közel -7 °C. Ezután a hónap végéig tartó, lassú enyhülés indult.

A téli félévre jellemző hőmérsékleti küszöbnapok közül a fagyos napok száma volt figyelemreméltó, összesen 25-öt számláltunk belőle a hónap során, 5-tel többet a szokásosnál.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

19,3 °C, Máza (Baranya megye), február 7.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-15,5°C, Bakó (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), február 1.

A február általában a legszárazabb hónap az évben, de az idei február még a szokásosnál is szárazabban alakult. Kis kivétellel az ország szinte teljes területén kevesebb csapadék hullott a szokásosnál, Somogy megye északi részében a sokéves átlag 10%-ánál is kisebb alacsonyabb csapadékösszeg volt jellemző. Csupán egy napon, 24-én hullott említésre méltó mennyiségű csapadék, országos átlagban 4 mm. A csapadék ezen a napon hó formájában érkezett, és csak a keleti országrészre korlátozódott. A szokásos 9 csapadékos napnál 3-mal kevesebbet számoltunk ebben a hónapban, és ezek közül minden nap havazás volt a csapadék meghatározó alakja.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

33,7 mm, Csárdaszállás (Békés megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

1,7 mm, Hidasnémeti (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

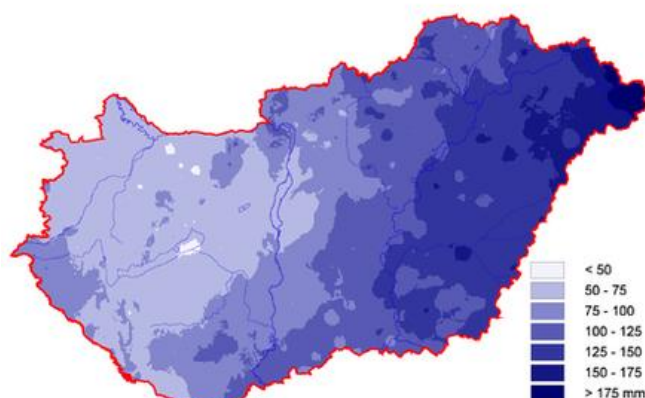
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

22,7 mm, Szeged Kiskundorozsma (Csongrád megye), február

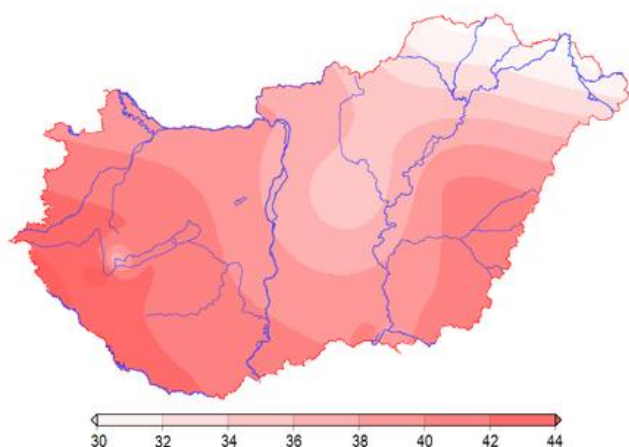
24.



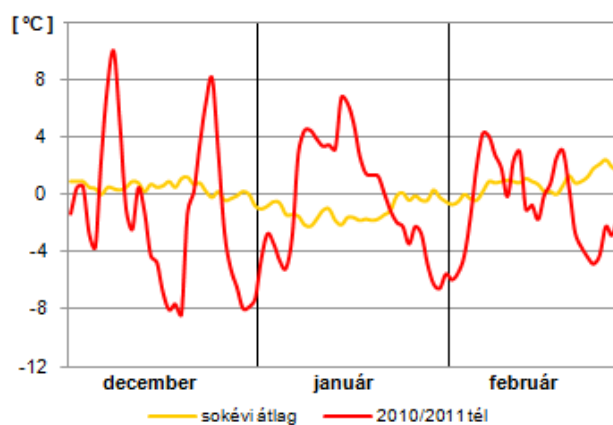
1. ábra: A tél középhőmérséklete (°C)



2. ábra: A tél csapadékosszege (mm)



3. ábra: A tél globálisugárzás összege (kJ/cm²)



4. ábra: A tél napi középhőmérsékletei és a sokéves átlag (°C)

2010/11. tél időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél Viharos napok
	Évsz. össz.	Eltérés	Évsz. közép	Eltérés	Max.	Napja	Min.	Napja	Évsz. össz.	Átlag %-ban	1mm < napok	
Szombathely	170	-33	0,0	0,5	16,8	2009.12.25	-19,4	2009.12.20	131	153	21	4
Nagykanizsa	-	-	0,5	0,5	18,0	2009.12.25	-20,3	2009.12.21	166	130	26	5
Siófok	163	-38	0,1	-0,1	16,0	2009.12.25	-15,5	2009.12.20	174	150	28	9
Pécs	147	-72	0,5	0,3	19,5	2009.12.25	-16,3	2009.12.21	183	159	34	9
Budapest	169	-18	0,0	0,1	13,5	2009.12.25	-17,3	2009.12.21	174	169	32	5
Miskolc	129	-17	-0,8	0,8	11,3	2009.12.25	-18,7	2009.12.21	212	233	34	1
Kékestető	101	-159	-3,6	0,1	8,8	2009.12.25	-15,6	2009.12.21	315	195	37	20
Szolnok	101	-95	0,5	0,6	15,8	2009.12.25	-18,0	2009.12.21	154	166	30	0
Szeged	143	-56	0,9	0,9	16,5	2009.12.25	-17,2	2009.12.20	188	203	33	7
Nyíregyháza	-	-	-0,3	0,9	13,7	2009.12.01	-16,4	2009.12.21	137	150	26	7
Debrecen	135	-46	0,4	1,3	16,2	2009.12.01	-19,7	2009.12.21	143	129	25	1
Békéscsaba	152	-43	1,4	1,9	16,2	2009.12.25	-16,9	2009.12.21	169	145	28	1

A 2010. ÉV IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF 2010

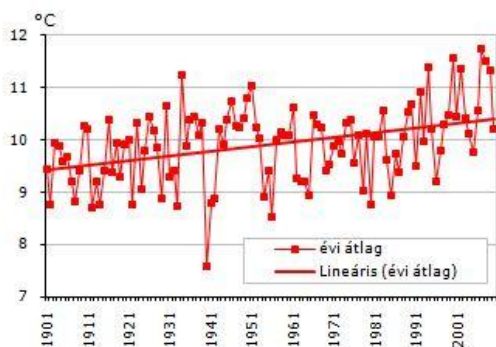
Móring Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., moring.a@met.hu

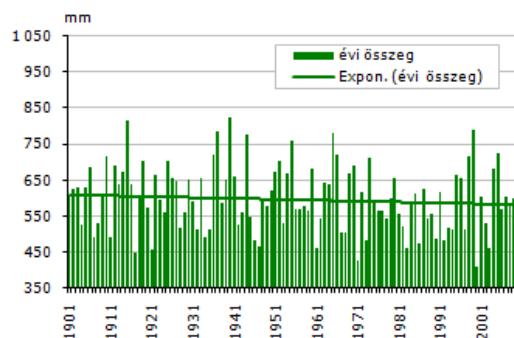
A 2010-es év elsősorban rendkívüli csapadékaival írta be magát Magyarország éghajlatának történetébe, de számos, emlékeztünkben még sokáig megmaradó időjárási esemény tette mozgalmassá az elmúlt esztendőt. Ezek közül néhányat kiemelve feltétlen említést érdemelnek a május és június hónapok főszereplői, a Zsófia (2010. május 15-18.) és Angéla (2010. május 31. – június 4.) ciklonok, az augusztus 16-i mezőkövesdi és diósjenői tornádók, vagy a november 27-i tapadó havas helyzet, amikor a lerakódott hóréteg súlya alatt vezetékek szakadtak el, oszlopok dőltek le.

Az éves csapadékösszeg, ahogy az a 2. ábrán is látszik, minden eddigi összeget magasan túlszárnyalt. Országos átlagban 2010-ben 959 mm csapadék hullott, mely több mint 130 mm-rel haladja meg az eddigi rekordot, az 1940-es 824 mm-es éves hozamot. Ilyen csapadékos év jó közelítéssel 3 tízezred valószínűséggel fordul elő. Az illesztett exponenciális trend alapján gyenge csökkenés rajzolódott ki az elmúlt 110 évben, míg az 1981-2010-es időszakban szignifikáns, mintegy 25%-os növekedés volt jellemző.

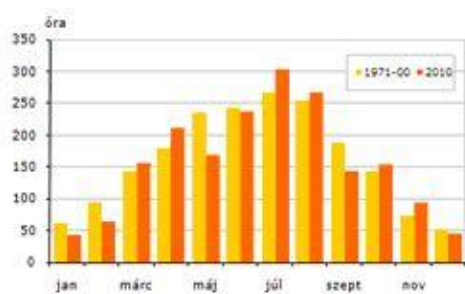
Napfénytartam. 2010-ben országos átlagban mintegy 1885 órán át sütött a nap, mely csupán 2%-kal maradt el az 1971-2000-es



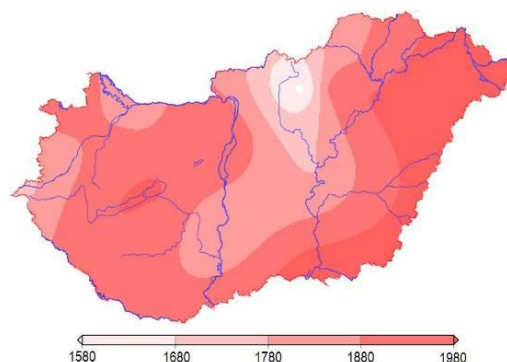
1. ábra Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2010 között (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)



2. ábra Az országos évi csapadékösszegek 1901 és 2010 között (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)



3. ábra A napsütéses órák száma 2010-ben és 1971-2000 között



4. ábra A napsütéses órák száma 2010-ben

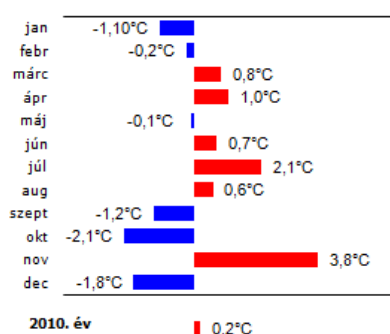
Hogy elsődleges képet kapjunk az elmúlt év rendkívüliségéről, először hőmérsékleti és csapadékvizonyait vetjük össze a megelőző 109 év értékeivel. Hőmérséklet szempontjából a 2010-es év átlagos volt, a 39. legmelegebbnek bizonyult (1. ábra). Az illesztett trend alapján az éves középhőmérséklet országos átlagban ebben az időszakban mintegy 0,98 °C-ot emelkedett. Ha az utolsó 30 évet vizsgáljuk, ugyanez a különbség +1,17 °C-nak adódik.

átlagértéktől. A havi napfénytartam-összegek közül (3. ábra) a legnagyobb érték a sokéves átlagnak megfelelően júliusban jelentkezett, a legkisebb januárban, ami viszont általában decemberben jellemző.

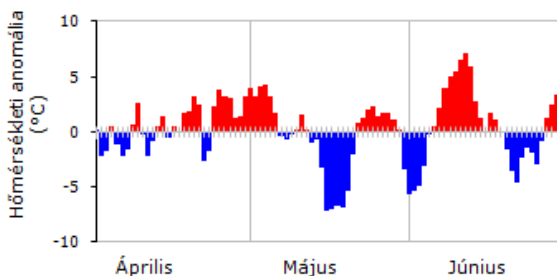
További különbség az éves menetben a májusban és szeptemberben megjelenő törés. A két hónap szokatlanul alacsony napfénytartama a rendkívül csapadékos hónapok borús időjárásával magyarázható.

Hazánkban a sokéves átlagot tekintve a napfénytartam területi eloszlását északnyugat - délkelet irányú növekedés jellemzi, éves összege mintegy 1750 és 2050 óra között változik. Ehhez képest az elmúlt évben a legkevesebb napsütést a Duna-Tisza-köze élvezte (4. ábra). A legborultabbnak 1580 óránál alacsonyabb napfénytartammal a Mátra térsége bizonyult, Kékestető állomásunkon 1575 órát regisztráltunk. A legtöbb napfényes óra az ország keleti felében rajzolódott ki, a legnaposabb állomás Szeged külterület volt 2034 órával.

Hőmérséklet. Homogenizált, interpolált adatok alapján a havi középhőmérsékleteket tekintve 5 hónapban tapasztaltunk negatív és 7 hónapban pozitív anomáliát, ami összességében éves szinten 0,2 °C-os pozitív eltérést eredményezett. Abszolút értékben leg-



5. ábra Az országos havi középhőmérséklet eltérése a sokévi (1971-2000-es) átlagtól 2010-ben (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)



7. ábra Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól, 2010. április, május, június

nagyobb eltérés novemberben volt jellemző, amikor 3,8 °C-kal volt melegebb az átlagosnál. Fontos megjegyezni, hogy bár a 2010-es év hőmérsékleti szempontból Magyarországon átlagosnak bizonyult, a WMO becslése alapján 2010 globálisan a legmelegebb év volt holtversenyben az 1998-as és 2005-ös évekkkel.

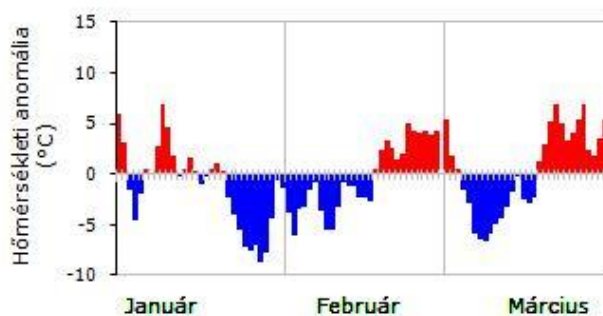
Az év első hónapjában időjárásunk hidegebb volt a szokásosnál, az ország területének túlnyomó részét negatív hőmérsékleti anomália jellemezte. A hónap első felében néhány naptól eltekintve átlag fölötti napi középhőmérsékletek jelentek meg, majd a hónap második felében több napon keresztül szibériai anticiklon alakította hazánk időjárását, és ennek megfelelően 20-ától egészen a hónap végéig az átlagosnál alacsonyabb értékek jellemezték az országos átlaghőmérsékletet.

A márciusi időjárás az ország nagy részén az ilyenkor szokásosnál kissé melegebb volt. Az első tavaszi hónap az ilyenkor megszokottnál melegebb idővel érkezett, majd az országos átlag-

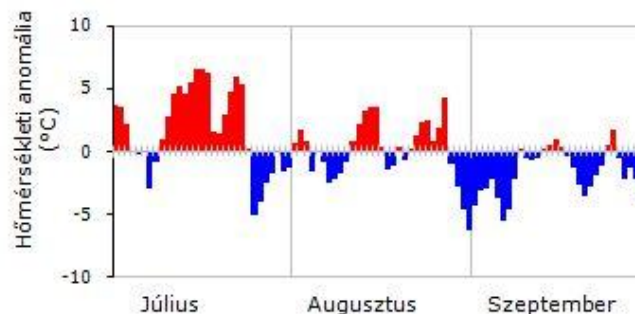
ban vett napi középhőmérséklet 3-án a sokévi átlag alá süllyedt, és egészen 17-ig alatta is maradt. Az ezután kezdődő melegedés következtében a hőmérséklet a hónap második felében már újra meghaladta a szokásos értéket.

Az április az ország nagy részén a szokásosnál kissé melegebbnek bizonyult, az eltérés általában +0,5 és +1 °C között volt. Az országos átlagban vett napi középhőmérsékletben 2-3 napos felmelegedési és lehülési időszakok váltották egymást. Ennek megfelelően az anomália is nagy ingadozást mutatott.

Időjárásunk májusban az átlagosnál hűvösebb volt. Míg a hónap elején az átlagoshoz képest +4 °C-os anomália jelentkezett, a hónap közepére jelentősen visszaesett a hőmérséklet. Átmeneti felmelegedés után, az újabb lehülés hatására a hónap utolsó napjá-



6. ábra Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól, 2010. január, február, március



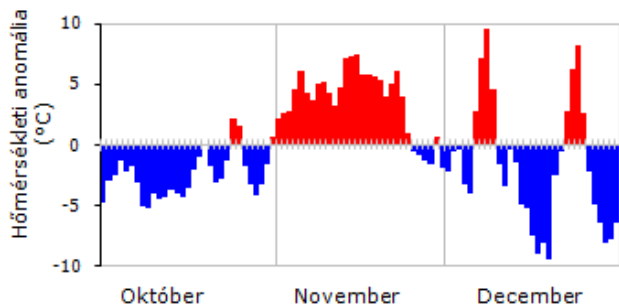
8. ábra Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól, 2010. július, augusztus, szeptember

ra az értékek újra a sokéves átlag alá süllyedtek.

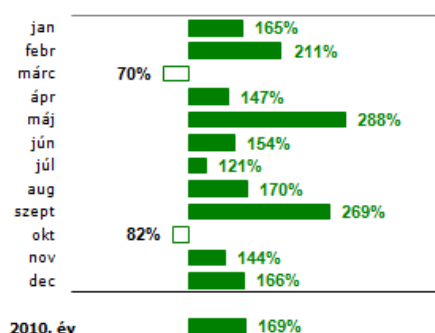
Június elején folytatódott az átlagosnál jóval hűvösebb időjárás, de a gyors és folyamatos melegedésnek köszönhetően 6-án már az átlag fölé emelkedett a napi középhőmérséklet, és 19-ig fölötté is maradt. A meleg periódus csúcspontja 12-e volt, ekkor megdőlt a napi hőmérsékleti rekord is, Kelebia állomásunkon 35,8 °C-ot mértünk. 19-e után átmenetileg átlag alatti volt a napi középhőmérséklet, 26-án azonban ismét felmelegedés kezdődött, és a hónap már a szokásosnál melegebb napokkal búcsúzott.

A júliusi középhőmérséklet hazánkban mindenhol meghaladta az ilyenkor szokásos értékeket, a legnagyobb eltérés, közel +3 fok az északnyugati országrészben volt jellemző. A hónap nagy részében átlag fölötti volt a napi középhőmérséklet, ez alól kivételt csupán a 4-8. és a 25-31. közötti időszakok képeztek. A kánikula csúcán, 17-én mértük a hónap és egyben az év legmagasabb hőmérsékletét is, 36,8 °C-ot Paks állomásunkon.

Augusztusban a havi középhőmérséklet hazánk jelentős részén meghaladta az ilyenkor szokásos értékeket. Az első napokban a szokásosnál melegebb volt, de a 2-án kezdődött lassú lehűlés következtében a napi középhőmérséklet országos átlaga 4-én már a sokévi átlag alá csökkent. Augusztus 11-től újra pozitív anomália volt jellemző, mely kisebb megszakításokkal 28-ig tartott. A hónap utolsó napjaiban azonban jelentősen visszaesett a hőmérséklet, 31-én országos átlagban már mintegy 6 fokkal volt hidegebb, mint a sokévi átlag.



9. ábra Napi középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól

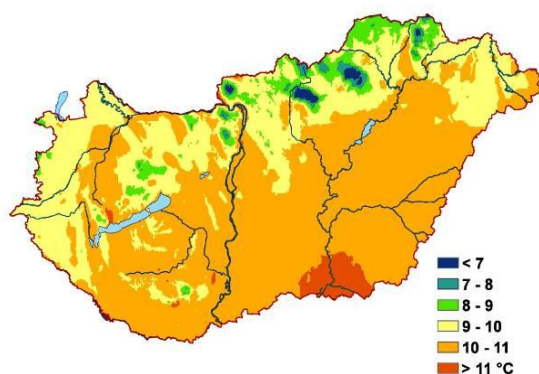


11. ábra

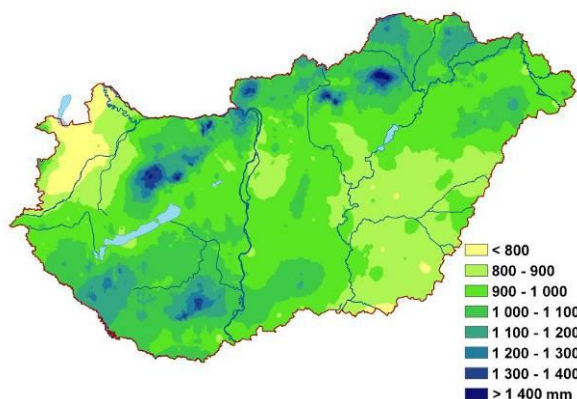
Havi csapadékösszegek 2010-ben az 1971-2000-es normál százalékában

ember elejétől kezdve egészen 24-ig az országos napi középhőmérséklet magasabb volt a sokéves átlagnál. A legmelegebb nap 5-e volt (12 °C), de a legnagyobb különbség mégis 15-én jelentkezett (+7,5 °C). 22-én markáns lehűlés kezdődött, mely a hónap végére már átlag alatti értékeket eredményezett.

Decemberre visszatért a szokásosnál hidegebb időjárás. Az időszak elején tapasztalt felmelegedés 8-án tetőzött. A felmelegedés időszakában, 7-én megdőlt a napi maximumhőmérséklet rekordja Sellye állomásunkon, ahol 18,5°C-ot mértek. A hónap



10. ábra 2010. évi középhőmérséklet (°C)



12. ábra

A 2010. évi csapadékösszeg

Szeptemberben folytatódott az átlagosnál hűvösebb napok sora. Az országos napi középhőmérséklet csupán néhány napon érte el, illetve emelkedett az átlag fölé. Minimumát 6-án érte el, amikor egy magassági hidegfront okozott az ilyenkor szokásosnál több mint 5 °C-kal hűvösebb időjárást.

Országszerte több fokkal hűvösebb volt a szokásosnál az október is. Az országos napi középhőmérséklet szinte egész hónapban az 1971-2000-es átlag alatt maradt, a legnagyobb különbség 9-én jelentkezett, mintegy -5 °C. Csak 24-én és 25-én volt melegebb a szokásosnál, amikor melegfronti hatásra átmenetileg erősödött a nappali felmelegedés. A 28-ától kezdődő hőmérséklet-emelkedés a hónap utolsó napjára szintén átlag körüli értéket eredményezett.

Az átlagosnál hűvösebb szeptember és október után több fokkal pozitív havi hőmérsékleti anomáliával ért véget az őszi. Nov-

közepén erőteljes lehűlés volt jellemző, 19-én országos átlagban közel 9,5 °C-kal volt hidegebb a szokásosnál. A hónap végén újabb felmelegedés majd lehűlés követte egymást, mely során először néhány nap alatt mintegy 16 °C-ot nőtt, majd ugyanennyit csökkent a hőmérséklet.

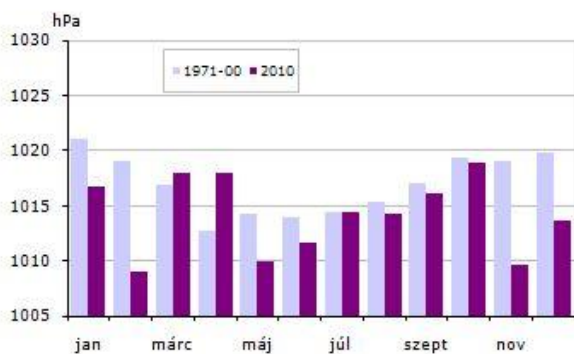
Az éves középhőmérséklet területi elrendeződése (10. ábra) nem tért el jelentősen a szokásostól: kirajzolódtak középhegységeink, és valamelyest az észak-déli növekvő tendencia is megfigyelhető volt. 10-11 °C jellemezte az ország nagy részét, ennél alacsonyabb értékek a magasabban fekvő területeken fordultak elő, a Mátrában és Bükkben 7 °C alatti átlaghőmérsékletek is megjelentek. 11 °C-nál melegebb csupán a Tisza déli vidékén uralkodott.

Hőmérsékleti küszöbnapok tekintetében változatosan alakult az elmúlt esztendő. A hideg küszöbnapokból rendre többet számoltunk: fagyos napból 97-et, eggyel többet a sokéves átlagnál; zord napból 13-at a szokásos 9 helyett; téli napból pedig 35-öt, 10-zel többet a megszokottnál. A nyári félév küszöbnapjai közül a nyári napokból kevesebb fordult elő 2010-ben, országos átlagban 65 a szokásos 75 helyett. Az 1 forró napunk igazodott a sokéves átlaghoz. Hőség napok tekintetében országos átlagban 3-mal többet, 23-at számoltunk, de területi eloszlását tekintve különösen az ország délkeleti felében 30-nál, sőt 40-nél több is előfordult az

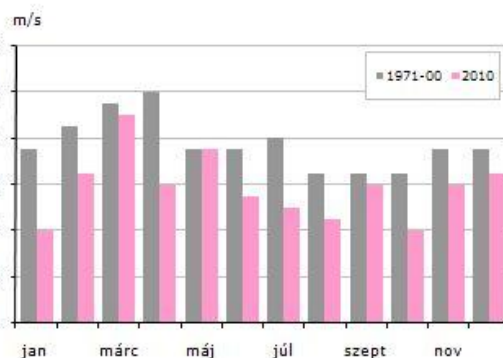
friss hó hullott. Ilyen intenzív havazásra ezen a napon a mérések óta még nem volt példa.

Csapadékosabb volt a megszokottnál februárban is az ország túlnyomó része, különösen az Alföld, ahol helyenként a sokéves átlagos havi csapadékösszeg több mint háromszorosa is előfordult. Február 16-ig minden nap kaptunk jelentést havazásról, majd a felmelegedéssel párhuzamosan a hónap végére fokozatosan az eső lett a csapadék meghatározó formája.

Márciusban a havi csapadékösszeg hazánk területén többnyire elmaradt az ilyenkor szokásos értéktől, helyenként a sokévi átlag



13. ábra A tengerszinti légnyomás havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen 2010-ben



14. ábra A szélesség havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen 2010-ben

évben.

Csapadék. A 2010-es csapadékviszonyok rendkívüliségéről tanúskodik a 11. ábra. Csupán két hónapban, márciusban és októberben maradt a csapadékösszeg a szokásos érték alatt. A legtöbb hónapban másfélszerest megközelítő vagy azt meghaladó értékek jelentek meg. A legkiugróbb a májusi, közel háromszoros összegével, de nem sokkal marad el mögötte a szeptemberi, amikor az átlag több mint két és fél szerese hullott le. Éves szinten mindez 169%-ot eredményezett, azaz több mint a sokéves átlag másfélszeresét.

A májusi összeg rekordnak bizonyult, mintegy 50 mm-rel haladta meg az 1939-es 126 mm-es rekordot. A kiemelkedő szeptemberi csapadékösszeg pedig egy második helyhez volt elég, a 2010-es 126,6 mm csupán 6 mm-rel maradt el az 1996-os szeptemberi rekord mögött.

Az éves csapadékösszeg nemcsak országos átlagban dőlt meg, hanem állomási viszonylatban is, Miskolc-Lillafüred-Jávorkút állomásunkon 1555 mm csapadék hullott az elmúlt évben. Ahogy a térképen is látszik (12. ábra), a Mátrán kívül jelentős mennyiségű, 1300 mm-t meghaladó csapadék volt jellemző a Bükkben, valamint a Bakony és a Mecsek térségében is. Az éves csapadékhozam területi elrendeződése követi a szokásos képet: középhegységeink kirajzolódnak, az Alföld és a Kisalföld területei a legszárazabbak, ám értékeiben a szokásos 500-800 mm-t jelentősen meghaladta, 2010-ben többnyire 800-1400 mm csapadék hullott.

Januárban az ország nagy része csapadékosabb volt a vártnál, általában a szokásos mennyiség 120-240%-a hullott országszerte. A csapadék általában hó formájában érkezett, esőről csak azon a néhány napon érkezett jelentés, amikor pozitív átlaghőmérséklet jellemezte hazánkat. A legcsapadékosabb nap 30-a volt, ekkor Recsk állomásunkon 42 mm csapadékot mértünk, mellyel megdőlt a napi csapadékösszeg rekord. A hóvégi erőteljes havazás hatására többfelé rendkívül vastag hótakaró alakult ki. Gönci állomásunkon január 30-ról 31-re virradóra mintegy 45 cm-nyi

30-40%-át sem érte el. A legcsapadékosabb időszak március 10-11-e volt, illetve a hónap utolsó két napja. A hónap második harmadában több helyről jelentettek havazást, a lehullott hó mennyisége azonban általában nem volt jelentős.

Az áprilisban lehullott csapadék mennyisége az ország nagy részén meghaladta az ilyenkor szokásos értéket, több helyen 2,5 - 3-szoros havi összeg is előfordult. Az április 12-14. közötti időszakban országos átlagban naponta 10-12 mm körüli csapadék hullott. 12-én Királyszállás Várpalota állomásunkon 62,5 mm csapadékot mértünk, mely ezen a napon rekordnak bizonyult.

A májusi rengeteg eső elsősorban a Zsófia ciklon átvonulása-hoz köthető. Zsófia május 15-18. között borzolta a kedélyeket hazánkban bőséges csapadékkal. A legcsapadékosabb régió a Dunántúli-középhegység volt, a Bakonyban a havi összeg a 360 mm-t is átlépte. Az ország nagy részén a májusi csapadék az ilyenkor szokásos érték háromszorosa fölött volt. A legmarkánsabb különbség a Bakonyban jelentkezett, itt az átlag mintegy ötszöröse is előfordult. A legcsapadékosabb nap 15-e volt. Az eddigi május 15-én mért 74,2 mm-es rekordnál 2010. május 15-én 30 állomásunkon mértünk nagyobb összeget. A két legnagyobb értéket Bakony Kőrishgyen és Bakonybélben mértük, 157 és 146 mm-t. A kőrishgyei érték az eddig mért legnagyobb májusi csapadékösszegnek bizonyult.

Júniusban is jelentős csapadék hullott országszerte, de a májusi értékekhez képest alacsonyabb, túlnyomóan 200 mm alatti összegeket regisztráltunk. A legnagyobb összegek a Dunántúli-dombság és a Mecsek térségében jelentkeztek, ezeken a területeken az ilyenkor szokásos csapadékmennyiség több mint két és félszerese volt jellemző. A legtöbb eső a hónap első napjaiban esett, de kiemelkedően csapadékos volt a 16. és 21. közötti időszak is. A jellemző csapadékrekord három napon is megdőlt: 1-jén, 20-án és 21-én.

Az ország nagy részén a július is csapadékosabb volt a szokásosnál. A havi csapadékösszeg az északkeleti országrészben a sokévi átlag kétszerese, sőt a Nyírségben helyenként a négyszerese

se volt. Különösen a hónap második fele volt esős, a napi rekord 15-én és 24-én is megdőlt. 15-én Kőszegen 93,7 mm, 24-én Nyírlugoson 106,8 mm csapadékról érkezett jelentés.

Az augusztusi csapadékösszeg a Dunántúl nagy részén meghaladta a sokévi átlag 1,5-szeresét, de helyenként a 2,5-szeresét is elérte. Az országos átlagban vett napi csapadékösszeg több napon is megközelítette vagy túllépte a 10 mm-es határt. A legtöbb eső 6-án esett, a második legcsapadékosabb nap pedig 13-a volt. Ez utóbbi alkalommal a napi csapadékösszeg rekordja is megdőlt, Celldömölk állomásunkon 87,5 mm-es összeget mértünk.

Szeptemberben a havi csapadékösszeg országszerte több volt az ilyenkor szokásosnál, a Duna-Tisza közének déli részén a szokásos mennyiség négyszerese, sőt ötszöröse is előfordult. 10-e volt a legcsapadékosabb nap, amikor mintegy 24 mm eső esett országos átlagban. Ezen a napon Parád Ohuta állomásunkon megdőlt a napi csapadékösszeg rekordja is, itt 100,5 mm-t mértek.

Hazánk nagy részét a szokásosnál szárazabb időjárás jellemezte az októberben, különösen az északkeleti országrészt, ahol az átlagos csapadékmennyiség alig egy ötöde hullott le ebben a hónapban. 14 napon egyáltalán nem regisztráltunk csapadékot mérőhálózatunkban. Kiemelkedő mennyiség 15-én jelentkezett, amikor egy mediterrán ciklon átvonulásával 20 mm körüli összegek hullottak az ország északnyugati felében, illetve Pest és Baranya megyében. Ebben a hónapban esett le az első hó, 21-én jelentettek először havazást Csaroda és Telkibánya állomásunkról is.

A novemberi csapadékösszeg az ország túlnyomó részén átlagosnak bizonyult. Kimagasló napi csapadékösszegek jellemezték az országos csapadékviszonyokat 22-én és 28-án. 22-én Kékestető állomásunkon 62 mm eső hullott, mellyel a mérőhelyen megdőlt a napi csapadékrekord. 28-án Hidegkúton is megdőlt a napi csapadékrekord, 52 mm csapadékról érkezett jelentés.

A Dunántúlon a havi csapadékösszegek decemberben a sokéves átlag alatt maradtak, míg a Tiszántúlon az átlag kétszeresét meghaladó összegek rajzolódtak ki. Kiemelkedő, 10 mm-t meghaladó csapadékösszeg országos átlagban a hónap első napján, illetve 25-én volt jellemző. A hónapban átlagosan 16 napon hullott csapadék, ebből 11 napon havazott.

A csapadékviszonyokat jól jellemezhetjük a csapadékmennyiség mellett a csapadékos küszöbnapok számával is. Országos átlagban a 2010-es évben mindegyik küszöbnapból többet számoltunk az 1971-2000-es átlaghoz képest, mely szintén a csapadékviszonyok rendkívüliségéről tanúskodik.

Országos viszonylatban a szokásosnál 32-vel többször, összesen 145 napon hullott csapadék, ebből 36 napon hó formájában az átlagos 13 helyett. A legtöbb csapadékos napot, 19-et májusban számoltuk, mely 8-cal több az ilyenkor szokásosnál. Kiemelkedett a szeptemberi érték is, holott ez a hónap a legtöbb száraz nappal bíró hónapok közé tartozik. Az elmúlt év szeptemberében az átlagnál 6-tal több, 14 napon esett. Az év utolsó hónapja képezte a másodmaximumot, decemberben a szokásos 10 napnál 5-tel többször hullott csapadék.

A mezőgazdasági szempontból mérvadó 5 mm-nél nagyobb csapadékmennyiség országos átlagban tavaly 61 napon fordult elő, ami 23-mal több az 1971-2000-es normálértéknél. A maximumot, ahogy az összes többi küszöb esetében, itt is a május hozta.

Légnymás. A pestszentlőrinci mérések alapján (13. ábra) 2010-ben a ciklonaktivitás, melyre az alacsony nyomási értékek utalnak, februárban és novemberben volt a legintenzívebb, holott általában az április szokta mutatni a legalacsonyabb átlagos nyomási értéket. A májusi ciklonaktivitásról tanúskodik a szintén alacsony 1010 hPa is. A szokásoshoz képest kiemelkedően nagy nyomás, azaz anticiklonális helyzet jellemezte az áprilist. Hasonlóan magas nyomás jelentkezett márciusban és októberben is, de ebben a két hónapban ezek az értékek átlag körülinek számítanak. A maximum általában januárban jelentkezik, 2010-ben viszont ez októberre esett.

Szél. A havi átlagos szélsébség éves menetében (14. ábra) általában áprilisban jelentkezik a maximum, míg a legalacsonyabb értékeit augusztus és október között veszi fel. 2010-ben a március bizonyult a legszelesebbnek, míg az áprilisi átlagszél jelentősen elmaradt a szokásostól. Az elmúlt év értékei közül kiemelkedik még a május és a szeptember, de sokéves viszonylatban mindkét hónap átlagosnak bizonyult. A lőrinci mérések alapján ez az év csendesebb volt, mint a szokásos, de ha egész hazánk szélviszonyait tekintjük, fontos megemlíteni, hogy a napi maximális szélhőkés kétszer is megdőlt ebben az évben, melyet mindkét alkalommal Kab-hegy állomásunkon mértünk. Az első a Zsófia-ciklon pusztítása idején, május 17-én regisztráltuk (45 m/s), a második alkalom pedig december 9-én volt, amikor egy markáns hidegfront okozott többfelé - főként a Dunántúlon - viharos szelet; ekkor 47,7 m/s-os értéket mértünk.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései szerint a **2010-es év szélsőségei**, a mérés helye és ideje

A legmagasabb mért hőmérséklet:	36,8 °C	Paks	július 17.
A legalacsonyabb mért hőmérséklet:	-23,7 °C	Martonvásár	december 19.
A legnagyobb évi csapadékösszeg:	1555 mm	Miskolc-Lillafüred Jávorkút	
A legkisebb évi csapadékösszeg:	643 mm	Kapuvár	
A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg:	157 mm,	Bakonyszücs	május 15.
A legvastagabb hótakaró:	54 cm	Hajdúsámson	február 17.
A legnagyobb évi napfényösszeg:	2034 óra	Szeged	
A legkisebb évi napfényösszeg:	1575 óra	Kékestető	

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós

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

Urbain Jean Joseph LE VERRIER

Francia csillagász

1811. március 11. (Saint Lo) – 1877. szeptember 23. (Párizs)



Vegyésznek készült. 1837-től az Ecole Polytechnique tanára. 1846-tól a párizsi egyetem égi mechanika tanszékének vezetője volt. A bolygók közti háborgásokat kutatta, és 1846-ban számításai alapján találták meg az Uránuszon túli bolygót, amelyet Neptunusznak neveztek el. 1854. november 14-re virradó éjszaka a Krími-félsziget mellett elhelyezkedő *Balaklavai-öböl*ben a Fekete tengerre lecsapó szélviharban néhány óra alatt elpusztult az egyesült angol-francia hadiflotta. A francia kormány megbízta Le Verriert annak kiderítésére, hogy az akkor már működő 45 meteorológiai állomás adatainak előzetes ismeretében lehetett-e volna következtetni a vihar közeledtére. A vizsgálat eredménye pozitív lett. A katasztrófa előtti napok megfigyelési adatainak térképre vitelével és elemzésével felismerhető és követhető volt a ciklon pályája és az erős szél. Ez a felismerés teremtette meg a meteorológián belül az időjárás előrejelzését. Felfedezésével a *szinoptika* alapjait tette le. 1855-ben Párizsban megalapította az első, nemzetközi hálózaton alapuló meteorológiai intézetet, és 1864-ben a Francia Természettudományi Társulatot.

