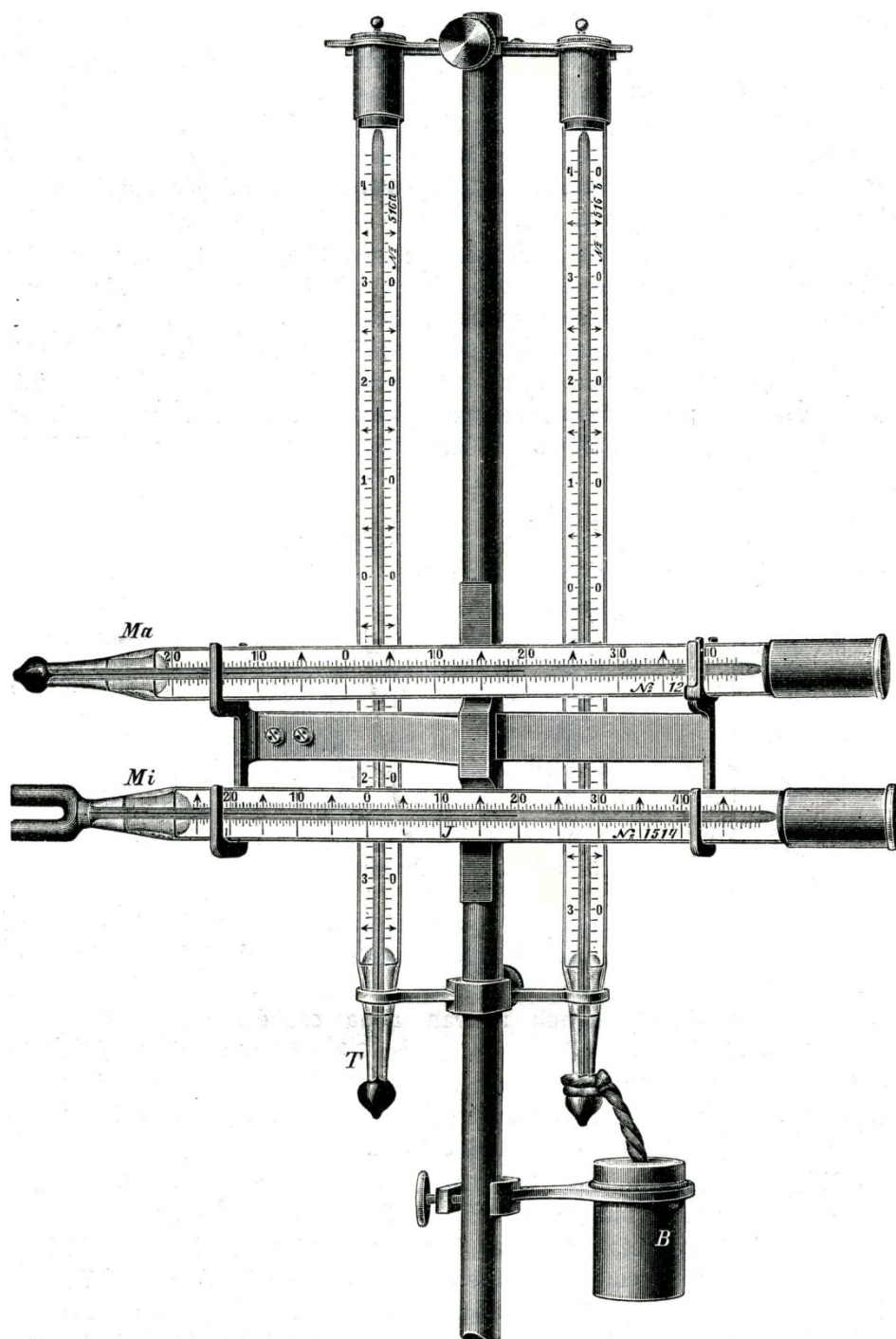


L É G K Ö R

63. évfolyam

2018. 4. szám





Száraz és nedves, maximum (Ma) és minimum hőmérő közös állványon („Assmann-féle pszichrométer”).
A „B”-vel jelzett edényben folyamatosan víznek kellett lenni. (Róna, 1925).

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR 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 ábraalíráásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:
Bartholy Judit
Bihari Zita
Haszpra László
Hunkár Márta
Sáhó Ágnes
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
Premier Nyomda
Budapest
700 példányban

Felelős vezető:
Király Attila

Évi előfizetési díja:
3000.- Ft
Megrendelhető az OMSZ
Pénzügyi és Számviteli Osztályán
1525 Budapest Pf. 38.
E-mail: legkor@met.hu

TARTALOM

CÍMLAPON

Jenki Szilvia: Köd után	153
Szerzőink figyelmébe	154

TANULMÁNYOK

Dunkel Zoltán: A meteorológiai műszerek fejlődése a „kezdetektől” a közelmúltig (Előszó a modern műszerekhez.)	156
Ablonczy Dávid: Hogyan mérjük az esőt? Mennyire süt most a nap? Hogyan működik a szélmérő? (meteorológiai érzékelők egyszerűen, a hétköznapokban)	162
Buránszkiné Sallai Márta: Időjárás ismeretek oktatása – egy pedagógiai kísérlet eredményei	177

KRÓNIKA

Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter: A 2018. évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról	184
Tóth Róbert: Réthy Antal nyomában	190
Hoffmann Lilla: 2018 őszenek időjárása	193
A 63. évfolyam (2018) szerzői	195

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE

Szilvia Jenki: After a fog	145
---	-----

STUDIES

Zoltán Dunkel: Development of Meteorological Instruments from the 'Beginnings' to the Recently (Foreword to the modern instruments)	156
Dávid Ablonczy: How Do We Measure the Rain? How Strong is the Sun Now? How Does the Anemometer Works?	162
Márta Buránszkiné-Sallai: Teaching Weather Knowledge – Results of a Pedagogical Experiment	177

CHRONICLE

Ágota Zsikla and Eszter Szilágyi: Storm Warning Season at Lake Balaton and Venice in 2018	184
Róbert Tóth: In the Wake of Antal Réthy	190
Lilla Hoffmann: Weather of Autumn 2018	193
Authors of Volume 63 (2018)	195

A METEOROLÓGIAI MŰSZEREK FEJLŐDÉSE A „KEZDETEKTŐL” A KÖZELMŰLTIG (ELŐSZÓ A MODERN MŰSZEREKHEZ)

DEVELOPMENT OF METEOROLOGICAL INSTRUMENTS FROM THE 'BEGINNING' TO THE RECENT PAST (INTRODUCTION OF MODERN INSTRUMENTS)

Dunkel Zoltán

Magyar Meteorológiai Társaság, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., dunkel.z@met.hu

Összefoglalás. A Léggör jelen számában (Ablonczy, 2018) egy összefoglaló jelenik meg napjaink meteorológiai megfigyelésekről, a magyar szolgálat műszerparkjáról. Ez a cikk egy állapotot rögzít, ami talán nem is most érdekes, hanem érdekes lesz tíz, húsz, ötven év múlva, amikor valaki, valakik kíváncsiak lesznek arra, hogy milyen műszerekkel mérték a légkörfizikai paramétereket a XXI. század második évtizedében. Talán nem érdektelen néhány szót mondani az „előzményekről”, honnan jutott ide a meteorológiai műszerpark. A legkorábbi hálózatszerű mérések a Mannheimi Társasághoz (1781) fűződnek. Sajnos az akkor használt műszerekről csak leírásaink vannak, de a később használt műszerek egy-egy darabja felkelhető az Országos Meteorológiai Szolgálat Muzeális Szakgyűjteményében. A hagyományosnak nevezhető, ma már zömmel muzeális műszerekről próbálunk adni egy összefoglalót, azzal a céllal, hogy érzékeltessük, milyen fejlődésen és változáson ment át a „meteorológia” eszközparkja az elmúlt évtizedekben, aminek a végén meglepődve állapíthatjuk meg, hogy már semmi se a régi. A jelenlegi (földbázisú) megfigyelőrendszer már egészen más, mint amit eleink használtak, így írásunknak azt a címet is adhatnánk, hogy „Bevezetés a modern műszerek ismertetéséhez”.

Abstract. In this issue of 'LÉGGÖR' (Ablonczy, 2018), a summary is displayed about the present Hungarian meteorological observations, the instrument collection of the Hungarian Service. The article shows the present situation, which might not be interesting nowadays, but it will be interesting ten, twenty, fifty years from now, when someone, people will be curious to see what system of the instruments measured the physical parameters of the atmosphere in the second decades of the 21st century. It is worthwhile to say a few words about the 'antecedents' where the meteorological instrumentation came from. The earliest measurements in network connected to the 'Society of Mannheim' networking (1781). Unfortunately, there are only descriptions of used instruments, but few pieces of later used instruments are available in the Special Museum Collection of Hungarian Meteorological Service. Now we're trying to give a summary on historic instruments, in order to show what progress and change have been made in the last decades and in the end we can surprised determine that nothing is like as it was before. The current surface-based observation system totally differs from the system was used by our ancestors. We can add the address to our paper 'Introduction to modern instruments description'.

Bevezetés. A meteorológia alapfeladata az időjárás előrejelzése vagy az éghajlat leírása, illetve mindkettő egyszerre. Mindegy, hogy melyik feladatot tekintjük fontosnak vagy fontosabbnak, minden esetben az alap, ami nélkül semmit se lehet tenni, az az időjárási (éghajlati) elemek megfigyelése és mérése. A szisztematikus mérés gondolata szinte egydős az első, mai értelemben is elfogadható műszerek, a hőmérő és a barométer megjelenésével. Bár az első, több helyen egy időben történő mérés az *Accademia del Cimento* (Firenze, 1657) nevéhez fűződik (Rákóczi, 1998), mértékadó összehasonlítási alapnak a *Societas Meteorologica Palatina*, a „Mannheimi Társaság” tevékenysége tehető (Czelnai, 1979), már csak azért is, mert számos ma már hosszú adatsorral rendelkező állomás ennek a társaságnak, „hálózatnak” a megalapítása óta működik és rendelkezik máig tartó adatsorral (Szakácsné, 1981). Térségünkben ilyen Bécs, Prága és Buda (Budapest). A meteorológiai mérések két csoportba sorolhatók, a földbázisú és az űrbázisú megfigyelésekre. A „kezdetektől” napjainkig több változáson ment keresztül a meteorológiai mérések és megfigyelések rendszere. A mai látható (földbázisú) műszerek együttese, mind az egyes meteorológiai elemek esetében alkalmazott mérési technikát, mind a ténylegesen mért időjárási elemek összességét illetően markánsan különbözik a korábban alkalmazott eszközöktől és módszerektől. A jelenleg, a XXI. század második évtizedének vége felé, az Országos Meteorológiai Szolgálatnál alkalmazott műszerekről átfogó listát Ablonczy (2018) írása ad. Úgy tűnik, hogy nem haszontalan röviden összefoglalni azt a fejlődést,

amin a meteorológiai mérési gyakorlat ment keresztül az elmúlt több mint két évszázad során. Végigtekintve a használt műszereket, az a benyomásunk lehet, hogy az első két évszázadban nagyon lassú, esetenként szinte észre se vehető változás történt az alkalmazott műszerek milyenségében, s ha most körülnézünk, egy egészen más műszervilágot látunk magunk körül. Lehet, hogy a fejlődés teljesen folyamatosnak tekinthető, de ha összehasonlítjuk a húsz-harminc évvel ezelőtti műszer-együttest a maival, akkor mindenképp arra a következtetésre kell jutnunk, hogy a fejlődési sorban valahol van egy törési vagy ugrási pont, amire azt mondhatjuk, hogy addig a hagyományos megfigyelés dominált, míg az után egy teljesen automatizált mérési rendszerről beszélhetünk. A hagyományos megfigyelés alatt azt értjük, hogy emberi részvétellel, a mérés színhelyén való jelenléttel, elsősorban statikus eszközökkel történik a mérés, esetleg mechanikusan működő regisztráló eszközökkel. A mai méréstechnika mindezeket már nem igényli, az adatátvitelben gyakorlatilag semmilyen közvetlen szerepe sincs az emberi közreműködőnek, mindent az elektronika és a számítástechnika old meg, sokszor vezeték nélküli átviteli-ekkel. Ez az írás eddig a „töréspontig” tekinti át a „hagyományos (földbázisú) műszereket, amiket a magyar szolgálat, hasonlóan a világ többi meteorológiai intézetében alkalmazott eszközökhöz, használt.

A Societas Meteorologica Palatina műszerei. A legkorábbi eszközpark, amivel érdemes foglalkozni az az 1781-ban megindult, s 1792-ig működött *Societas Mete-*

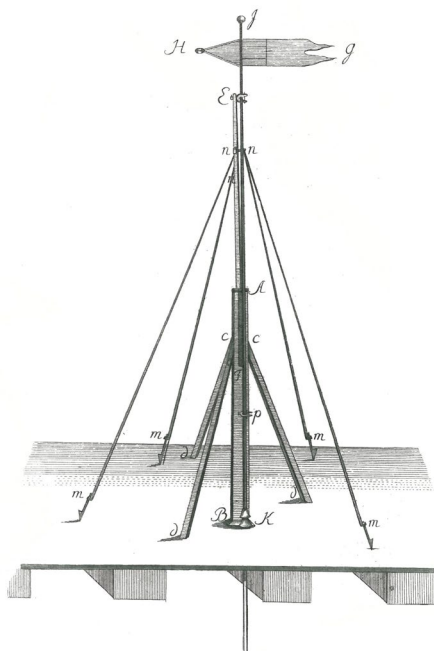
orologica Palatina, a Mannheimi Társaság műszerei. A Társaság ugyan 12 év működés után megszűnt, de az alkalmazott mérési gyakorlat és a használt műszerek nem tűntek el, hanem ott maradtak az állomásokon, s alapját képezték sok helyen a hosszú meteorológiai adatsorok kialakulásának. A Mannheimi Társaság műszerei számunkra nem ismertek, legalábbis ismereteink szerint hazánkban senki nem rendelkezik eredeti műszerrel. Arról van tudomásunk, hogy Budavár 1849-es ostroma során a csillagdat szétlőtték, a műszereket viszont *Albert Ferenc* csillagász kimentette (*Simon, 1984*), de további

olvasható *Kazay* (1914) összefoglalójában. Ez a klímaív-minta valószínűleg minden további meteorológiai feljegyzés sorozatnak példát adott, s a később létrejött meteorológiai intézetek ezt a mintát követték. A megfigyelt, feljegyzett elemek élén, az adatgyűjtő ívnek (*1. ábra*) megfelelően a légnyomás, a meteorológia előrejelzés alapeleme áll (az íven a műszer neve szerepel, barometrum, rövidítve *barom.*), amelynek mérése, sőt pontos mérése meglehetősen régóta adott (*Tóth, 1993*). A Társaság eszközparkjának megtervezésekor valószínűleg az alkalmas barométer kiválasztása és rendszerbe állítása

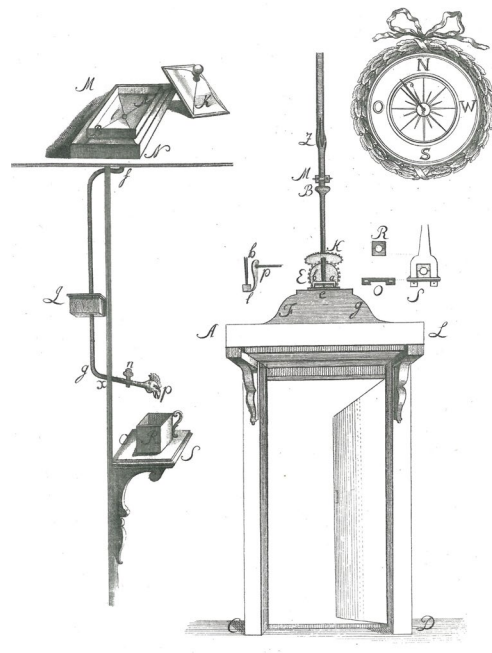
N o v e m b e r.

Dies.	Barom.	Th. juxta barom. (uf- pent.)	Th. libero aéri ex- pos.	Hygr.	Declin.	Ventus.	Pluvia.	Evap.	Flum.	Luna.	Coeli fac.	Meteora.
dig. lin. dec.	gr. dec.	gr. dec.	gr. dec.	gr. min.	direct. vires.	part. li.	lin. dig.	ped. dig.				
8	27, 6, 4 6, 6 6, 6	7, 5 8, 0 8, 0	5, 0 8, 8 8, 5	21, 0 26, 4 25, 2		W I O N I W N W 2				Ω	☉ = a. t. = n. sp.	!! hor 9 pom.
9	27, 6, 7 6, 9 7, 5	7, 3 7, 0 6, 7	5, 5 4, 8 5, 0	21, 6 24, 0 25, 0		N W 3 N W 3 N W 3				Ω ☾ 4 h. 38 m. mane.	☽ ☽ ☽	!! hor. 7 mat. !! hor. 2 pom. !! hor. 9 pom.

1. ábra: Részlet az első budai feljegyzésekből, 1781. november 8–11. (*Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, 1784*)



2. ábra: A szélirány-jelző árboc felállítása az épület tetején (*Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, 1784*)



3. ábra: Csapadékmintavevő és a mérőedény szélirány-érzékelő (*Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, 1784*)

sorsukról nincsenek ismereteink. Ez nem zárja ki azt, hogy lehet, hogy a valaha működött 39 állomás valamelyikén megőriztek egy-egy eredeti eszközt. Prágában például a mérések még az eredeti helyszínen folynak, a *Clementinumban*. Annak ellenére, hogy nem állnak rendelkezésre az 1781-ban szolgálatba állított meteorológiai műszerek, kinézésükről képet kaphatunk, mivel az Országos Meteorológiai Szolgálat könyvtárában megtalálhatók a Mannheimi Társaság jegyzőkönyvei (*Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, 1784*), s ennek a 12 kötetből álló sorozatnak ez első tagja nemcsak részletes leírást, de szépen rajzolt ábrákat is ad a műszerekről. Az első kötetben ékes latin nyelven le vannak írva a mérendő légköri elemek, a műszerek, s a gondos szerzők mintalapot is közölnek az elvárt észlelésről. A *Societas Meteorologica Palatina* észlelői útmutatása magyarul is

okozta a legkisebb fejtörést. A légnyomás érték meghatározása párizsi hüvelykben történt.

A légnyomás (barométer) oszlop után következik a barométer mellett elhelyezett hőmérő által mutatott érték, majd a szabadban lévő hőmérő adatait tartalmazó oszlop. A hőmérők elhelyezésére az volt az előírás, hogy valamely épület északi oldalán kell felfüggeszteni, és védeni kell az épület, valamint a talaj sugárzásától. A hőmérő talaj feletti magasságát a jelentésben fel kellett tüntetni. Minden észlelő két hőmérőt kapott: egyet árnyékban, egyet pedig a napsütésnek kitéve kellett elhelyezni. Ezt követi a légnedvesség rovat, ahova a hygrometrum, az íven *hygrom.* adatait jegyezték be. A légnedvesség mérésére 1781-ben még nem állt rendelkezésre megfelelő műszer. A legjobbnak viszonylag még egy lúdtoll nedvesedésén alapuló szerkezet bizonyult, ami öt fokozatú

meghatározást tett lehetővé, de meglehetősen pontatlanul. A Társaság működése alatt, 1785-ben, került forgalomba a *Saussure*-féle hajszálas higrométer, amely már a mai értelemben is elfogadható mérési eredményeket produkált, s alkalmas volt hálózatszerű rutin mérésekben való alkalmazásra.

A mágneses deklináció megfigyelések (*Declinat.*) után kellett feltüntetni a klímaíven a szélre vonatkozó (*Ventus*) megfigyeléseket. A használt *anemométer* csak a szél irányát jelezte (2. ábra) egy hatalmas (kb. 1 méter hosszú és fél méter széles) vaslemezből készült, aranyozott szélzászlóval, amely 6 méter magasan helyezkedett el a megfigyelőállomásnak helyet adó épület teteje fölött. A zászló csúcsára a kiegyensúlyozás céljából egy tömör ólomgolyót erősítettek. A szélzászlóval együtt forgott egy hosszú vasrúd, amelyet az állványzatra erősített gyűrűk tartottak függőleges helyzetben. Ez a rúd lenyúlt az anemométert tartó épületbe, ahol egy fogaskerék segítségével forgatta a szélirányjelző mutatóját. A szélesebb meghatározásához nem állt rendelkezésre műszer. Egyszerű vizuális megfigyeléssel történt a szél erősségének meghatározása. Erre egy ötfokozatú skálát használtak (0 = szélcsend; 1 = gyenge légmozgás, amikor a fák levelei éppen mozogni kezdenek; 2 = gallyak mozognak; 3 = ágak is mozognak; 4 = orkán, a fákat a szél gyökerestől kitépi).

A sort a csapadékoszlop (*Pluvia.*) követte. A csapadék mérésére szolgáló eszköz erős hasonlóságot mutat a ma is használt eszközökhöz (3. ábra). A csapadékmérő műszerleírás szerinti neve „*hietometer*” volt. Két részből állt. Az épület tetején elhelyezett felfogó edényként egy 2x2 láb felületű 6 hüvelyk mélységű sárgaréz tálat használtak, amelyből a csapadékvíz egy ólomcsövön keresztül jutott le a műszerszobában elhelyezett gyűjtőedénybe. A gyűjtőedény belső fala szintvonalak voltak, amelyen közvetlenül le lehetett olvasni („párizsi vonalakban”) a csapadék mennyiségét.

A klímaív következő oszlopa adott lehetőséget a párolgási értékek (*Evap.*) bejegyzésére. Párolgásmérésre az „*atmidométert*” használták, amely voltaképpen egy kocka alakú 4 hüvelyk élhosszúságú, felül nyitott sárgaréz doboz volt. Ennek egyik oldalába függélyes üvegablakot helyeztek a vízszint megfigyelése céljából. Az ablak mellett egy párizsi vonalbeosztással ellátott skála volt, sínen csúsztható nóniuszos leolvasóval. Ezt a műszert, gondosan beszintezve, napsütésnek és légáramlásnak szabadon kitéve kellett elhelyezni. Az edényt csapadékvízzel töltötték fel, és az elpárolgott víz mennyiségét naponta leolvasták. A külön melegítő berendezés szolgált arra, hogy télen az *atmidométer*-ben keletkezett jeget megolvasszák.

A *Societas Meteorologica Palatina* mérési előírása rögzített egy napi megfigyelési szabályt, gyakorlatot, ami szinte az automata műszerek megjelenéséig volt érvényes a meteorológiai gyakorlatban, a naponkénti háromszori észlelés. A helyi időben elvégzett reggel 7, napközi 2 és az esti kilencórás három mérés egyszerű számtani közepe meglehetősen pontossággal adja meg a hőmérsékleti napi közepet. Ma a gyakorlatilag folyamatosan adatokat ontó automata műszerek és elektronikus adatfeldolgozás korában felesleges megkérdezni, hogy miként állítható elő a

(valódi) napi közép minél kevesebb adatból, minél kevesebb számításal. A Társaság által alkalmazott három terminusos észlelés jó közelítést adta a valódi napi középnek. Amikor a század hatvanas éveiben áttértek a három észleléses rendszerről négy észlelésesre (7, 13, 19 és 01), a valódi napi közép meghatározásához szükséges volt beiktatni az éjjeli utáni értéket, amit az akkor már eléggé elterjedt íróműszerekről vették le (*OMSZ*, 1970).

Meteorológiai és Földdeleljességi Magyar Királyi Központi Intézet és jogutódainak műszerei. A Mannheimeri Társaság megszűnte után a Budai Csillagda több-kevesebb megszakítással folytatta a meteorológiai méréseket. A műszerpark fokozatos átalakuláson ment keresztül. Az egyedi műszerkészítés helyett megjelentek a meteorológiai műszereket gyártó cégek.

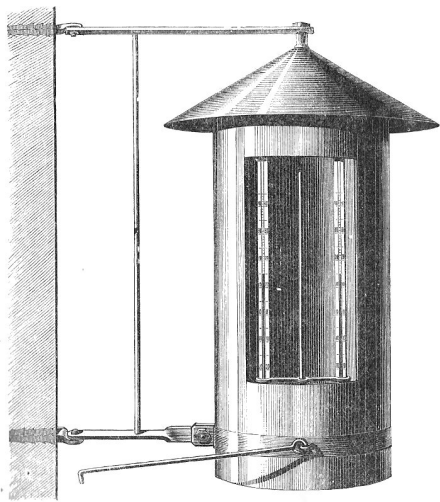
Az 1870-ben megalakult önálló magyar intézet az egész Habsburg monarchiában tevékenykedő osztrák intézetből vált ki, s 42 állomás működtetését vette át. Az intézmény több névváltozáson ment keresztül. Megalakulásakor a *Meteorológiai és Földdeleljességi Magyar Királyi Központi Intézet* nevet vette fel, majd 1894-ben ez megváltozott *Magyar Királyi Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézetre*. A II. Világháború után, a köztársaság kikiáltásának következményeként 1946-ban *Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet* lett. A geofizikai részleg kiválásakor 1950-ben *Országos Meteorológiai Intézet*, majd a szervezeti átalakítás után 1970-ben lett *Országos Meteorológiai Szolgálat*, mely elnevezés a mai napig megmaradt. A névváltozásoknak semmilyen hatása nem volt a műszerezettségre, hiszen az intézet ugyanazt a tevékenységet folytatta más-más név alatt (*Takács*, 1970). A műszerezettségben, ha történt is változás, az nem a szervezeti átalakuláshoz, vagy a névváltozáshoz köthető. Némi túltengő önbizalommal azt is mondhatnánk, hogy a meteorológiai megfigyelések 1781-től, egyre több állomáson, s egyre újabb és újabb technikákkal töretlenül folynak.

Az első, 1870-es hálózatban a legtöbb hivatalos állomáson volt egy barométer, két hőmérő, egy csapadékmérő és néhol szélvitorla, ahogy az az első kiadott évkönyvben olvasható. Az alkalmazott műszerekről nincs általános leírásunk, egyesek szerencsés módon megmaradtak, mint a N^o 1. számú, még Schenzl Guido első igazgató által hitelesített példány, ami látható az *OMSZ Meteorológiai Muzeális Szakgyűjteményében*. Az első hivatalos észlelői útmutatást Konkoly Thege Miklós megbízásából Róna Zsigmond írta 1894-ben. *Alföld* (1899) könyvében részletes leírást ad a meteorológiai műszerekről. Az általa bemutatott „meteorológiai hőmérő” kísértetiesen hasonlít a szinte a közelmúltban nyugalomba vonult higanys „állomási hőmérőre”. A Six-féle maximum-minimum hőmérő itt közölt formája se változott meg száz év alatt. Amiben történt változás, az nem a műszerek felépítése, hanem az elhelyezés helye volt. *Alföldy* (1899) a száraz-nedves hőmérő elhelyezésére egy behúzható védőernyőt mutat be, amit a ház északi falára kellett elhelyezni. Ehhez hasonló (4. ábra), de már zsalus felépítésű, mindenféle történelmi viharokat túlélve látható a Kitaibel Pál utcai épület udvari első emeletén, nem az eredeti helyén, de északi falon. Az igazi változás a lég-

nedvesség mérésében történt. A hajszálas higrométerek, bár folyamatosan jelen voltak az eszközparkban, az igazi pontos légnedvesség mérés már hőmérőpárral oldható meg, s *Alföldy* (1899) művében bemutatásra kerül egy állomáshőmérő párból álló pszichrométer (*August-féle, lásd belső borító ábrája*) mellett az *Assmann-féle pszichrométer*, ami szintén nem esett át semmilyen változáson napjainkig.

Az 1894-ben írt észlelői útmutatás elfogyása után *Róna* (1925) újabb útmutatást írt, amelyben a bemutatott műszerek és észlelési előírások szinte minimális változtatással egészen a hatvanas évekig érvényesek voltak.

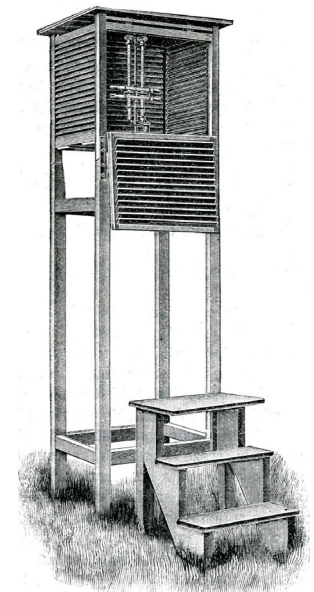
A műszerismertetés a barométerrel kezdődik. Ez az útmutató közöl ábrát a Fortin, a Fuess, a Kapeller és Gay-Lussac típusú barométerekről. Ezek közül a *Fuess-féle barométert* mutatjuk be (5. ábra), amely a magyar szolgálatban eléggé gyakori barométer típus volt. Az *Alföldy*



4. ábra: Hőmérő gomba, hőmérőpárral (*Alföldy, 1899*)



5. ábra: Fuess-féle barométer, jobbra a keresztmetszete (*Róna, 1925*)



6. ábra: Angol (*Stevenson-féle*) hőmérőházikó (*Róna, 1925*)

(1899) műszerleírásához képest számottevő változás az épülettől független felállítású angol hőmérőházikó (6. ábra) megjelenése. (Az külön rejtély, hogy a magyar szóhasználatban ezt miért nevezik „angolnak”?) Ennek formája, méretezése szintén nem változott az automata sugárvédők megjelenéséig, mindössze a lábazatot cserélték le a könnyebben telepíthető, időállóbb fém háromlábúra. A mérés technika használt folyamatosan nedvesített hőmérőt (*August-féle pszichrométer*) és a mérés ideje előtt szellőztetett hőmérőt (*Assmann rendszer*). A szellőztető egység egy felhúzható rugós motorral ellátott eszköz, az *aspirátor* volt, amelyet 5 perccel az észlelés előtt kellett felhúzni, s ráhelyezni a hőmérőpárt tartó rúdra, a *G-csőre* (7. ábra). Gyakorlatilag ugyanilyen hőmérő-elrendezést és ábrát mutatnak be a jóval később készült észlelési útmutatók (*OMFI, 1950; OMSZ, 1970; Kozma et al., 1978; Horváth et al., 1981*). Az igen régi időkben ez a segédészlelő dolga volt, aki az 5 perc után jelentette az észlelőnek, hogy le lehet olvasni a hőmérőt (*Metzger Béla volt hálózati ellenőr szóbeli közlése*). A statikus műszereket erre az időre már hálózatszerűen egészítik ki a különböző író műszerek; amelyek napi vagy heti körülményük óradobbal rendelkeztek, amelyre felhelyezett papírszalagon az ér-

zékkelővel összekötött írókarral erősített toll hagyott nyomot. A magyar meteorológiai állomásokon a száraz-nedves hőmérőpárt és a maximum-minimum hőmérőt tartalmazó angol házikóbból kettő volt felállítva (*Simon, 1982*). A szabályosan felállított hőmérőházban került elhelyezésre a pszichrométer (száraz és nedves állomáshőmérő-pár) valamint a maximum és minimum hőmérő közös állványon. A második házban helyezték el a termo- és higrográfot. A műszerkertben a két hőmérőház mellett csapadékmérő, csapadékiró, párolgásmérő, *Wild-féle* szélzászló, s helyenként a felhőalap meghatározáshoz fényszóró is volt.

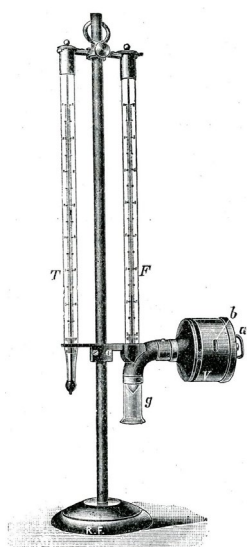
A csapadékmérő alakja és mérete *Alföldy* (1899) leírásában megadottakhoz képest keveset változott. Eredetileg 1/10 m² nagyságú felfogó felülettel készültek az „esőmérők”, majd fokozatosan áttértek az 1/20 m² (500 cm²

felületű, *Hellmann-féle*) mérőedényre. A *Róna* (1925) által bemutatott esőmérő alakját és felállítását tekintve egészen 1964-ig szinte változatlan formában látta el feladatát (8. ábra), akkor szivárgási problémák miatt új modell került bevezetésre (*Csomor és Oláh, 1964*), aminek felfogó felülete 1/50 m², azaz 200 cm² volt. A csapadékmérés elengedhetetlen tartozéka volt a mm beosztású üveghenger, amelybe a felfogó edényben összegyűlt vizet kellett áttölteni a mérés céljából. Egyes állomásokon csapadékiró (9. ábra), *ombrográf*, is működött. Erdemes megemlíteni egy érdekes magyar fejlesztést, az *Anderkó-Bogdánffy-féle* csapadékirót, amely mechanikus súlymérésen alapult, s elvben szilárd csapadék mérésére is alkalmas volt. Egy megmaradt példány látható az OMSZ Muzeális Szakgyűjteményében.

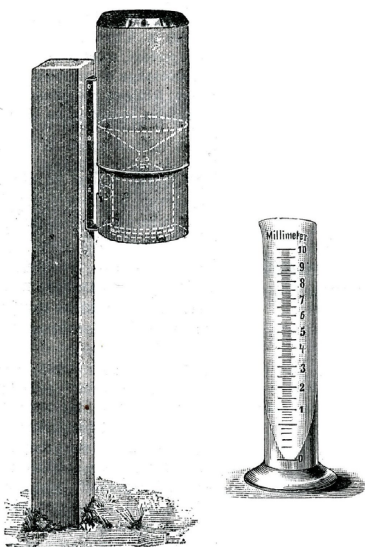
A szél mérésére alapeszközként (*Róna, 1925*) a *Wild-féle* szélzászlót használták (10. ábra). Ez egy szélkakasból és felette elhelyezett, a szélzászlóval együtt forgó nyomólappal állt. Az észlelő az észlelési időpontban szemrevételezte a szél irányát a szélkakas alatt elhelyezett égtávjirányokat mutató célkereszt alapján, illetve a nyomólappal kilendüléséből relatív skálán megbecsülte a szélesség erősségét. Az első, függőleges állás felelt meg a szélcsendnek, a nyolcadik, legnagyobb jelzett kilengés,

ami $80,5^\circ$ -os eltérést jelentett a vízszinteshez képest, 20 ms^{-1} szélességnek értékelték. Az önálló magyar intézet első éveiben az egyszerű szélzászló is ritkaságszámba ment. Az 1910-es évekre azonban már 115 állomáson (a történelmi Magyarországon!) működött szélzászló (Takács, 1970). A pontos, megbízható szélmerést az univerzális széliró alkalmazásával lehetett elérni. A Fuess-féle széliró (12. ábra) mérte a szélességet, a szélirányt és a szellökést (Kozák, 1960). A szélárbc, aminek felállítási magassága 10 m volt, csúcsán helyezkedett el a három kanálból álló forgókanalas fordulat-

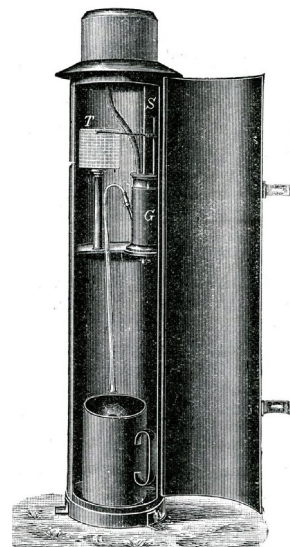
A párolgás mérése mindig gondot okozott a mérni vágyóknak. Érdekes módon már a Mannheimi Társaság is kísérletet tett ennek mérésére. A XIX. század végén már ismert és használatos volt a Wild-féle párolgásmérő (Alföldy, 1899; Róna, 1925), ami nem más, mint egy levélmérleg (11. ábra), aminek mérő része egy kis tálka, amibe vizet kell önteni, s időnként leolvasni a tömegváltozást. A Wild-féle párolgásmérő az angol hőmérőházban került elhelyezésre. A vízfelszín védett volt a direkt nap-sugárzástól, s védett az inni vágyó állatoktól. Az eszközzel szembeni kritika az volt, hogy tulajdonképpen semmi



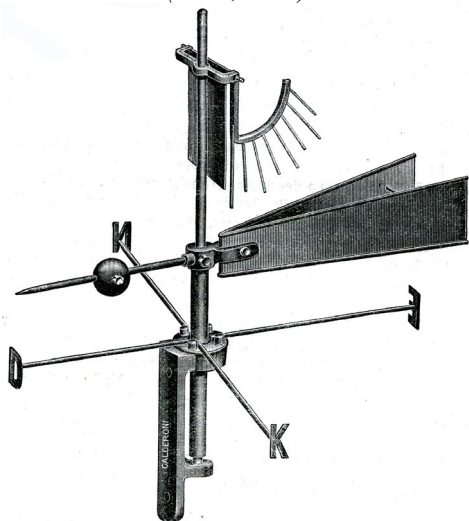
7. ábra: Aspirált nedves hőmérő (Róna, 1925)



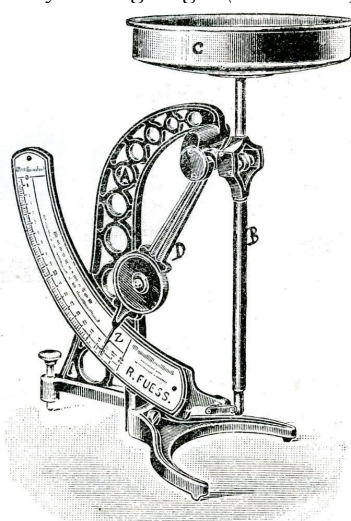
8. ábra: A Hellmann-féle csapadék edény és üveghenger (Róna, 1925)



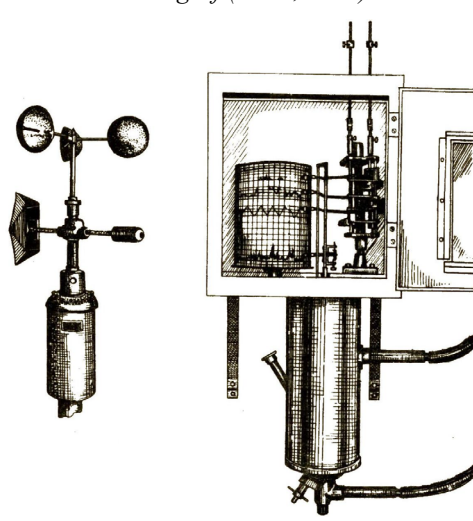
9. ábra: Hellmann rendszerű „esőiró”, ombrográf (Róna, 1925)



10. ábra: Wild-féle szélzászló (Róna, 1925)



11. ábra: Wild-féle párolgásmérő mérleg (Róna, 1925)



12. ábra: Fuess-féle széliró érzékelője és regisztráló egysége (Kozák, 1960)

számmérő, aminek mérési eredménye a napi körülfordulási íródobon jelent meg, s ebből lehetett számítani a szélességet. A szélirány jelző különböző áttételek után ugyanezen az íródobon, az iránynak megfelelően két helyen hagyhatott jelet felváltva. A szélkakas tengelyének belseje üres volt. Ez a járat egy Pitot-csőhöz csatlakozott, amely lényegileg egy nyomócsöves anemométerként működött, gyakorlatilag a szél torkonyomását mérve, de a regisztrátumon már sebesség egységben hagyva jelet (Czelnai, 1980).

természetes párolgásának nem felelnek meg az eszköz által mért adatok. A 60-as évektől fokozatosan szolgálatba álltak a különböző méretű és felállítású párolgásmérő kádak (A-kád, U-kád, GGI-kád, 20 négyzetméteres kád, INEP kád). Mindegyik azzal az elképzeléssel lett rendszerbe vonva, hogy velük a szabad vízfelszín természetes párolgását lehet meghatározni. Fő hibaforrásuk, hogy szabad felállításuk miatt a közelben megjelenő állatoknak potenciális vízforrások. Kár, hogy a Wild-féle párolgásmérőt száműzték az eszközparkból. Megőrizve, ma

már egy igazán hosszú, a klímaváltozást jól mutató (relatív) adatsorral rendelkeznek.

A napsütéses órák számának feljegyzésére már a XIX. század végén rendelkezésre állt az üveggömbös napfénytartam-mérő (napsütési autográf). A *Campbell-Stokes-féle sunshine-recorder* századévi műszerismertetőben (Alföldy, 1899) közreadott hirdetés szerint 85 koronáért volt kapható. Az elektromos sugázmérők megjelenése előtt ez volt az egyetlen eszköz, amivel viszonylag sűrűn lehetett mért értékeket kapni a napsugárzás mennyiségéről. Szép számmal születtek feldolgozások arra vonatkozóan, hogy miként lehet meghatározni a napsütéses órák számából a globálsugárzás mennyiségét Wm^{-2} egységben. A napfénytartam-mérők eltűnése óta az új mérés és kiértékelési technikának az a feladata, hogy a folyamatosan mért globálsugárzás mérésekből miként lehet meghatározni a napsütéses órák számát.

A meteorológiai műszerkert hagyományos elemei a talajhőmérséklet mérők. Róna (1925) észlelői útmutatójában még az egységes fatokban elhelyezett talajhőmérő sorozat van bemutatva. A *Lamont szekrényt* később speciális alakú higanyos hőmérők váltották fel a felszíninek nevezett sorozat esetében (2, 5, 10 és 20 cm mélység), míg mélyebb rétegekbe egyedi csövekben engedték le a talajhőmérőket (50, 100, 200 cm).

Összegzés. Röviden áttekintettük a (földbázisú) megfigyelő rendszerben használt műszereket. A történet elején csak szigorúan a felszínen elhelyezett eszközök álltak rendelkezésre. A felhőzet vagy a magassági szél megfigyelése csak a felszínről volt lehetséges. Aztán megjelentek a repülőgépek, amelyek lehetőséget adtak magassági vizsgálatokra, majd szinte velük együtt a pilot léggömbök, majd a múlt század húszas éveitől a rádiószondák. Ezzel párhuzamosan azonban nem történt lényegi változás a felszíni eszközökben, legfeljebb technikai csiszolás. A radarok második világháború utáni meteorológiai felhasználása komolyan javította a földbázisú megfigyelés minőségét, de a klasszikus műszerpark nem változott. A műholdas megfigyelések rendszerbe állása a múlt század hetvenes éveiben sem okozott igazán nagy ugrást a felszíni eszköz együttesben. Az automatizálás iránti igény és a számítástechnika adta lehetőségek, a szinte korlátlan mennyiségű adat átvitele és tárolása a meteorológiai műszerek fejlesztésére is hatással volt. Előbb a még meglévő eszközöket próbálták automatizálni, majd teljesen új érzékelők váltották fel a régiakat. Ma már nincs higanyos hőmérő, a higany használatát ilyen célra törvény tiltja (Magyarországon a 2016. évi CLII törvény). Már csak múzeumi tárgy a higanyos barométer, s az üveggömbös napfénytartam-mérő, a *heliográf* is kilépett a magyar szolgálatból 2013-ban (Tóth, 2014). A régi műszerek jelenléte még egy darabig talán ott lesz a szóhasználatban: „30 fok fölé kúszott a hőmérő higanyszála” vagy „a barométer nem imponál” (alacsony van a higanyszál, magyarul vihar várható), aztán már csak a múzeumokban találkozhatunk a régi eszközökkel, s némi csodálkozással tekintünk majd rájuk, hogy ezekkel is lehetett *légkörfizikai állapotokat* megállapítani? A magyar gyakorlatban az 1990-es évek elején megindult fejlesztés (Práger, 1984) napjainkra a földfelszíni műszer-

park szinte teljes automatizálását és minőségi átalakulását eredményezte. Míg 1993-ban Magyarország mindössze 3 automata állomással rendelkezett (a teljes hálózat 3%-a), addig Japán 159 automata állomásával teljes (100%-os) automatizálással bírt (Tóth és Bereczky, 1993). Némi késéssel elmondhatjuk, hogy a magyar hálózat is teljesen automatizált, s főképp azt, hogy totális minőségi változáson esett át. Ideje a hagyományos műszerparktól elköszönni, áttekintve azt, hogy honnan jutunk el a mai méréstechnikához.

Irodalom

- Ablonczy, D., 2018: Hogyan mérjük az esőt? Mennyire süt most a nap? Hogyan működik a szélmérő? (meteorológiai érzékelők egyszerűen, a hétköznapiakban). *Légekör* 63, 161–175.
- Alföldy, D., 1899: A meteorológiai műszerek és elemek. *Királyi Magyar Természettudományi Társulat*. Budapest. pp 195
- Csomor, M. és Oláh, L., 1964: Kettősfalú alumínium csapadékmérő. *Légekör* 9(2), 40–43.
- Czelnai, R., 1979: Societas Meteorologica Palatina (1780–1795). *Légekör* 24(3), 1–10.
- Czelnai, R., 1980: A meteorológia eszközei és módszerei. *OMSZ* Budapest, pp. 256
- Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, 1784: Historia et Observationes Anno 1781*. Mannheim. pp. 310
- Horváth, E., Kapovits, A. és Weigartner, F. 1981: Meteorológiai megfigyelések kézikönyve. *OMSZ*, Budapest, pp. 58
- Kazay, E., 1914: A Societas meteorologica és annak működése. *Időjárás* 18, 193–210.
- Kozák, B., 1960: A FUESS-féle egytetemes szélíró. *Légekör* 5(1), 12–14.
- Kozma, F., Dunay, S. és Csomor, M., 1978, Útmutatás meteorológiai, agrometeorológiai megfigyelésekre és adattovábbításra. *OMSZ* Budapest, pp. 116
- Mezősi, M., 1995: Földfelszíni megfigyelések. (in Simon, A. és Tanczer, T. szerk.: Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971–1995). *OMSZ* Budapest, 75–85
- OMFI (Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet)*, 1950: Útmutatás csapadékmérő állomások részére. *Kézirat* pp. 66
- OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat)*, 1970: Meteorológiai megfigyelések kézikönyve. *Kézirat*.
- Práger, T., 1994: Meteorológiai és levegőkörnyezeti megfigyelés a fenntartható fejlődés érdekében. *Légekör* 37(1), 9–13.
- Rákóczi, F., 1998: Életterünk a légekör. *Mundus Kiadó* Budapest, pp. 302
- Róna, Zs. 1925: Meteorológiai Megfigyelések kézikönyve. *Magyar Meteorológiai Társaság* Budapest, pp. 196
- Simon, A., 1982: A meteorológiai megfigyelések és mérések rendszere I. ELTE TTK Budapest, pp. 206
- Simon, A., 1984: Magyarországi meteorológusok életrajzi lexikonja. *OMSZ*, Budapest, pp. 136
- Szakács, Gyné. 1981: Budapest 200 éves hőmérsékleti megfigyelései. *Légekör* 26(3), 6–10.
- Takács, L., 1970: Műszerek és megfigyelési módszerek a magyar meteorológiai szolgálatban. (in Szepesiné, L. A., szerk.: Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1870–1970). *OMSZ* Budapest, 246–317
- Tóth, R. és Bereczky, L., 1993: A földfelszíni megfigyelések automatizálása. *Légekör* 38(4), 22–25.
- Tóth, R., 1993: 350 éves a higanyos barométer. *Légekör* 38(2), 34–35.

Tóth, R., 2014: A napfénytartammérő élt 160 évet. *Léggör* 59, 178–180.

HOGYAN MÉRJÜK AZ ESŐT? MENNYIRE SÜT MOST A NAP? HOGYAN MŰKÖDIK A SZÉLMÉRŐ? (METEOROLÓGIAI ÉRZÉKELŐK EGYSZERŰEN, A HÉTKÖZNAPOKBAN)

HOW DO WE MEASURE THE RAIN? HOW STRONG IS THE SUN NOW? HOW DOES THE ANEMOMETER WORKS? (METEOROLOGICAL INSTRUMENTS SIMPLY, IN PRACTICE)

Ablonczy Dávid

ablonczyd@gmail.com

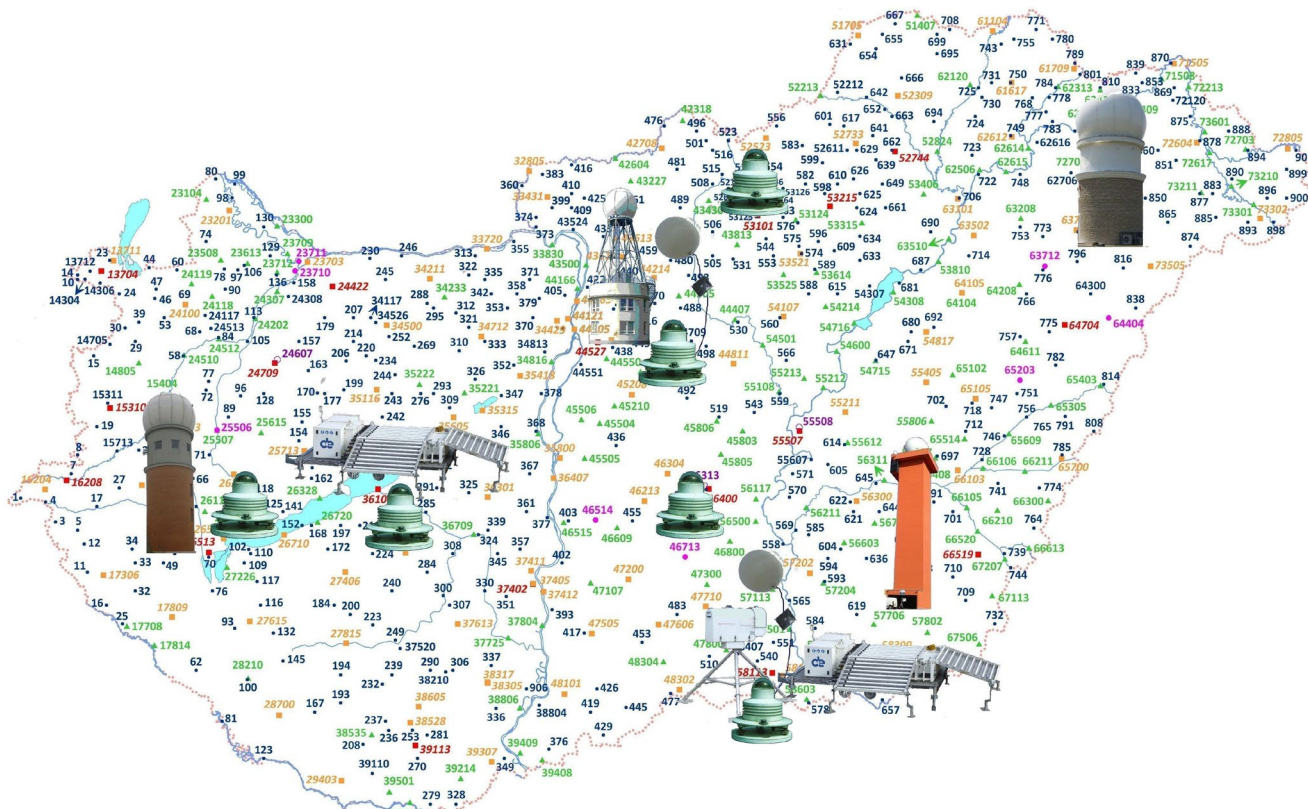
Összefoglalás. A cikk lényege, hogy bemutassa a napjainkban az Országos Meteorológiai Szolgálatnál használt modern meteorológiai mérőműszereket, a mérőműszerek működését, kalibrálását, és a Magyarországon mért szélső értékeket. A cikk második részében ismertetem, hogy mely tényezők segítik a pontosabb méréseket, a harmadik részben pedig az adatgyűjtést és kommunikációt mutatom be.

Abstract. The main aim of this article is to demonstrate the state of the art meteorological measuring equipments, how they work, how we calibrate, and the extreme values that we measured in Hungary. In the second part, I explain what factors could improve data's quality and the measurement accuracy. In the third part I describe the data logging system, the signal transmission and communication system.

Sokan figyeljük árgus szemmel egy hétvége előtt az előrejelzést, hogy vajon kell-e majd esőkabát a sétánkhoz? Feltegyük már az autóra a téli gumit? Lesz-e elég szél egy vitorlázáshoz?

Gyakran felmerülnek ehhez hasonló kérdések, és nem is feltétlenül tudatosul bennünk, hogy milyen mérések és

előrejelzések vannak e mögött. Ezeknek az előrejelzéseknek az elkészítéséhez meg kell mérni a légköri elemek pillanatnyi tulajdonságait, majd ezek felhasználásával (a légkör modellezésével) az előrejelző modellek közelítő eredményt adnak, hogy milyen idő várható. A folyamat elején található méréseken nagyon sok múlik,



1. ábra: A Magyarországi földfelszíni meteorológiai állomáshálózat elhelyezkedése. A kék számok csapadékmérő-állomásokat, a piros, zöld és világosbarna ötjegyű számmal jelölt helyek automata meteorológiai állomásokat jeleznek. A Szegeden működő radiométert, a Siófokon és Szegeden felállított windprofilert a műszer képével, a két rádiószondázó állomást (Budapest-Pestszentlőrinc, Szeged) egy-egy ballonnal, a négy radart (Pogányvár, Budapest, Napkor, Szentes-Lapistó) a torony képével, a hat UV-B állomás (Keszthely, Siófok, Budapest, Kecskemét, Szeged) helyét szintén a műszer képével jelezzük.

mert a pontos mérések pontosabb (valószínűbb) előrejelzést adnak majd. Precíz mérések kellenek a finom változások (pl. klimatikus változás) kimutatásához is.

A meteorológiai méréseket sok egyéb területen is használják: ilyen például az út hőmérséklet (és útállapot) információk, amelyek segítenek a közút kezelőknek a sózás elrendelésében. A szőlőtermesztésben a szőlőbetegségek előrejelzéséhez használják a hőmérséklet és páratartalom méréseket. A repülőgépek repülési magasságának meghatározása nyomásmérés segítségével történik, és leszállásakor az oldalszél hatását kell ellenkormányozni. A nagy széllokések a (torony) darukat is veszélyeztetik, nagy szélben leáll a daruzás is. A biztosítók a villámlokalizáció segítségével tudják összevetni a beérkezett kárigényeket a valós eseményekkel. A nagy lehulló csapadékokból lehet következtetni a folyóvizek vízszint emelkedésére, vagy árvízre. A külső hőmérséklet mérése alapján szabályozzák az előreemenő fűtési víz hőmérsékletet a mostanában telepített kazánok, hőszivattyúk (és a FŐTÁV is). És még sorolhatnánk a felhasználási megoldásokat.

A cikk első részében azokról az érzékelőkről lesz szó, amelyek az Országos Meteorológiai Szolgálatnál használatban vannak, és megfelelnek a komoly elvárásoknak is. Szót ejtek az érzékelők kalibrálásáról is. A második részben írok arról, hogy milyen tényezők befolyásolják még a méréseinket: nem elég, ha van egyszer egy pontos műszerünk, de fontos az érzékelő környezetének kialakítása, rendszeres ellenőrzése és kalibrálása is. A harmadik részben pedig a mért adatok továbbításáról, feldolgozásáról és szűréséről írok. Így áll elő a teljes folyamat.

A mérések egy része „kézzel tapintható közelségben” történik, ezek a légkör alsó részei, ahol a látványos változásokat a bőrünkön érezzük (földfelszíni megfigyelések), a magasabban lévő légköri folyamatok mérésével pedig a távérzékelés foglalkozik.

Az országban mintegy 300 automata mérőállomás méri percenként az adatokat, és küldi be a központba 10 percenként (1. ábra). Az állomásokon jellemzően hőmérséklet, páratartalom, csapadék, szélesebesség, és szélirány mérés történik. Vannak állomások, ahol speciális mérések is zajlanak, ilyenek a légnyomás-, globálsugárzás-, UV-B-, gammadózis-, cseppspektrum-, felhőalap-, látástávolság-továbbá talajnedvesség-, talajhőmérséklet-, hómagasság-, felhőkamera, és levegőminőségi mérések, tehát összességében elmondható, hogy elég sokféle információ segíti az előrejelzők munkáját.

Hogyan működnek az érzékelők?

Hőmérséklet mérő. A levegő hőmérséklete a 2 m magasságban, füves felszín felett, közvetlen napsugárzástól védett módon mérhető hőmérséklet. A léghőmérsékletet egy platina anyagú ellenálláshuzal (Pt100, 2. ábra) méri, amely a hőmérséklet változásának függvényében változtatja az ellenállását. Az ellenálláson kis mérőáramot átvezetve mérhető a feszültség. Ha az ellenállás mindkét végéről 2–2 vezeték viszi el a jelet (4 vezetékes mérés, 3. ábra) akkor a vezetéknél lévő feszültségese hatása kiküszöbölődik. A léghőmérséklet mérése egy árnyékoló shieldben (4. ábra) történik (lényegében fehér tányérok

egymáson), ahol a levegő áramlik a mérőeszköz körül, de a Nap direkt sugárzása nem éri közvetlenül az érzékelőt. A rendszeres kalibrálás érdekében a hőmérőt évente egyszer, klímakamrában (5. ábra) hasonlítjuk össze a referencia hőmérővel, ahol a mérési pontosságnak $\pm 0,2$ °C-on belül kell lennie 20 °C-on (-10 °C-on $\pm 0,4$, 10 és 30 °C-on pedig $\pm 0,3$ °C).

Magyarországon az eddig mért napi maximum: 41,9 °C (Kiskunhalas, 2007 július), napi minimum: $-35,0$ °C (Miskolc, 1940 február). A mérőhálózatban Vaisala HMP 45, HMP 110 (6. ábra), HMP 155 (kifutóban), és Rotronic Hygroclip HC2-S3 típusú érzékelők vannak használatban.

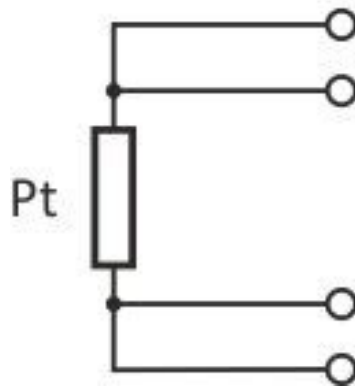
Páratartalom mérő. A relatív páratartalom a levegő által aktuálisan felvehető maximális vízmennyiséghez (telítődés, kicsapódás, harmatpont) viszonyított nedvességtartalom százalékban kifejezve. A páratartalom mérők fejrésében két fémlemez helyezkedik el egymással szemben (ezek lényegében egy kondenzátor fegyverzei), és a lemezek közötti vízpára megváltoztatja az érzékelő (7. ábra) kapacitását (dielektrikumát), amit mérni lehet. A páratartalom mérő különböző generált relatív páratartalom értékeknél kerül ellenőrzésre a referencia tükrös harmatpont mérővel (8. ábra). Az eszköz pontosságának 10–70% között $\pm 2\%$ -on, 70% felett $\pm 3\%$ -on belül kell lennie. A hűtött tükrös harmatpont mérő segítségével gyorsan és nagyon pontosan meghatározható a légnedvesség: Egy üvegfelület alsó oldalán egy Peltier elem található, melynek segítségével gyorsan lehet hűteni/fűteni az üveget, az üvegfelület másik oldalát pedig egy fényforrás világítja meg. Ha az üvegfelület hőmérséklete a hűtés során eléri a harmatponti hőmérsékletet, akkor kicsapódik rajta a levegő víztartalma, és a fény is szóródni fog, ami már mérhető. A legalacsonyabb hazai mért relatív nedvesség: 3% (Kékestető, 1994). A páratartalom mérőt szinte mindig egybeépítik a léghőmérővel, ezért nincs külön típusmegjelölés megadva.

Csapadékmérő. A különböző halmazállapotú csapadék talajra hulló mennyiségét 1 m magasságban kell mérni, és mm-ben adjuk meg. A hulló csapadék mérése a legtöbb esetben súlymérésre van visszavezetve. A szabványos mérés miatt a csapadékmérő felfogó karimája jellemzően 200 cm², így 2 g csapadék pontosan 0,1 mm esőnek felel meg. Billenőedényes (9. ábra) csapadékmérőnél 2 g eső súlyától billen át a belső tartály, és a billenő tartályon lévő mágnes ad egy jelet (impulzust) a reed relének (10. ábra), ami egy számláló elektronikához csatlakozik: A mérés a billenések megszámlálását jelenti (az impulzusok mennyisége megadja a csapadékot, a gyakorisága pedig a csapadék intenzitását).

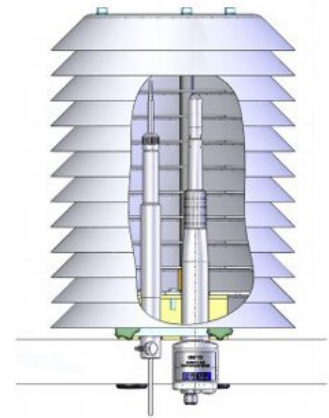
Súlyméréses csapadékmérőnél a viszonylag nagy gyűjtőtartály (kb. 30 l űrtartalmú, ez kb 1500 mm csapadéknak felel meg, ez 1–2 évnyi magyarországi mennyiség) egy mérlegcellán helyezkedik el, és nagy pontossággal méri a tartály súlyát. A mérést nyúlásmérő bélyeg végzi (11. ábra). A súly hatására a mérleg fém szerkezetére felvitt ellenálláshuzal a fémmel együtt ideiglenesen megnyúlik, amitől változik az ellenállása, ebből számítható a



2. ábra: Pt 100 hőmérsékletérzékelő.



3. ábra: A négy vezetékes mérés sémája



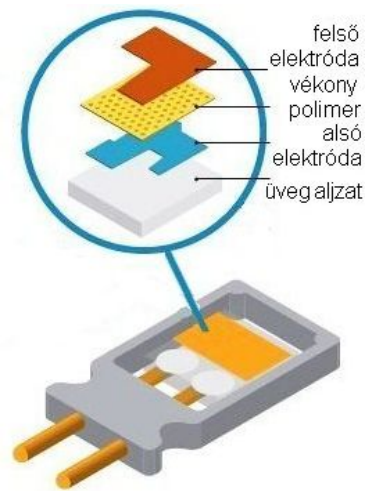
4. ábra: Sugárzás védő, árnyékoló, „shield”



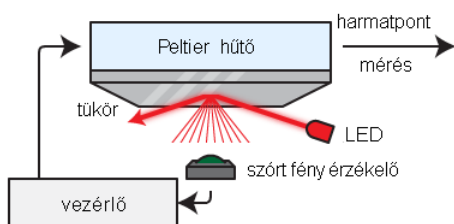
5. ábra: A Votsch klímakmra



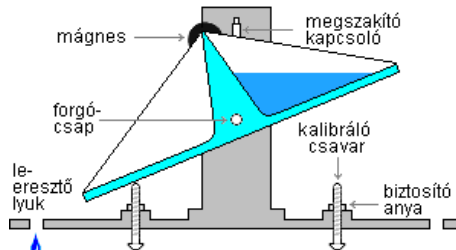
6. ábra: Vaisala HMP 110 hőmérséklet érzékelő



7. ábra: A Vaisala Humicap érzékelője



8. ábra: Tükrös harmatpontmérő elvi felépítése



9. ábra: Billenőedényes mérés elve



10. ábra: Lambrecht csapadékmérő belseje

tartály súlya. A súlykülönbség adja a beleesett csapadék mennyiségét. A súlyméréses csapadékmérő nem tartalmaz mozgó alkatrészt, így megbízhatóan üzemeltethető, hátránya, hogy a megbízható csapadékat csak néhány perccel később áll rendelkezésre (12. ábra).

A csapadékmérők pereme, és tölcserje télen fűtött, hogy megolvasztva mérhető legyen a hó és a jég is. A csapadékmérő felfogó nyílásának 1 m magasságban kell lennie, és a peremtől körkörösén 45 fokban nem lehet akadály. A szél hatását Tretyakov, vagy DFIR típusú árnyé-

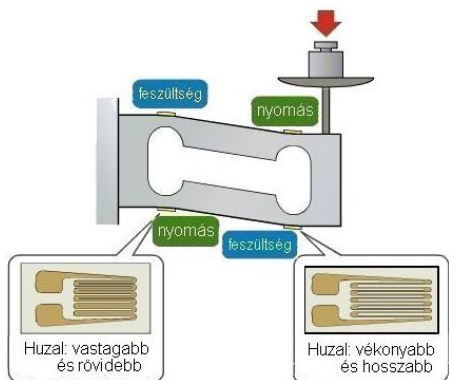
kolóval lehet csökkenteni. A billenőedényes csapadékmérő kalibrálása egy gyógyszerészeti mérlegen elhelyezett tartályból finoman csepegtetett vízzel történik. A kalibráló program figyeli a mérleg súlyvesztését és a billenést. Az eszköz teljes pontosságának $\pm 3\%$ -on, billenésenként pedig $\pm 0,5$ g-on belül kell lenni.

A súlyméréses csapadékmérő kalibrálása etalon súlyokkal történik. Legnagyobb hazai évi csapadékösszeg: 1554,9 mm (Miskolc, 2010), 10 perces legnagyobb csapadékösszeg: 64,2 mm (Zirc, 1915). Billenő edényes csapadékmérőkből Lambrecht 15188 (13. ábra), 1518H3

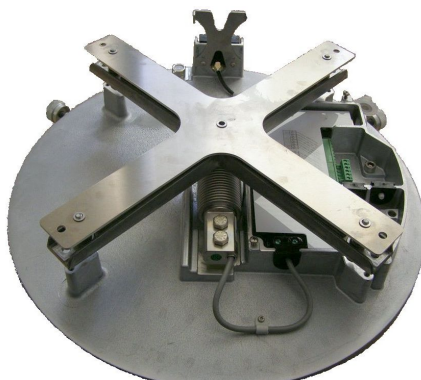
(14. ábra), és DGN típusok, súlyméréses eszközökből pedig az OTT Pluvio 2 (15. ábra) típus van használatban a mérőhálózatban.

Cseppméret eloszlás mérő. Csapadék megjelenésekor a csapadék többféle jellemzője mérhető (halmazállapot, méret, tömeg, sebesség), erre szolgál a cseppspektrum mérő berendezés (*disdrometer*). Eső esetén minden egyes esőcsepp paramétereit külön méri (16. ábra A: csapadékcsepp esése során kitarakja a vízszintes lézernyalábot, B: a kitarakás során csökken a mérhető fényerősség, s így az érzékelő feszültsége is, C: B-n lát-

ható feszültség változás kiemelve, amelyből meghatározható már a csapadékcsepp nagysága, és sebessége), majd egy eloszlást készít (sebesség és méret szerint, 17. ábra). Az eszköz működése során az esőcseppek egy keskeny lézernyalábon esnek át, az átesés során kitarakva azt. A kitarakás idejéből ismerjük az esőcsepp sebességét, a kitarakás nagyságából (területéből) pedig az esőcsepp térfogatát (átmérőjét). Ebből a két adathból (és a hőmérsékletből) meghatározható a halmazállapot is (18. ábra). A műszer folyamatosan monitorozza a kimenő lézernyaláb erősségét, és ettől függően korrigálja a mérési eredményeket. Nagyon fontos az eszköz rendszeres



11. ábra: Nyúlásmérő bélyeg súlyméréshez



12. ábra: OTT Pluvio csapadékmérő belseje



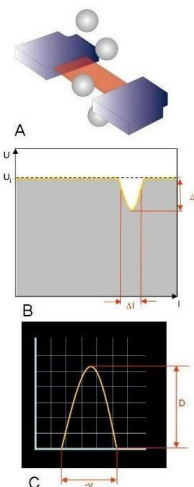
13. ábra: Lambrecht 15188 típusú csapadékmérő



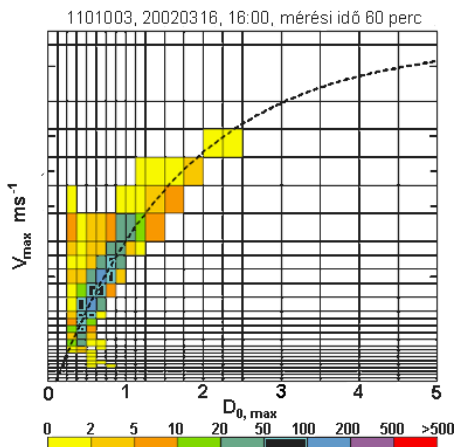
14. ábra: Lambrecht 1518H3 típusú csapadékmérő



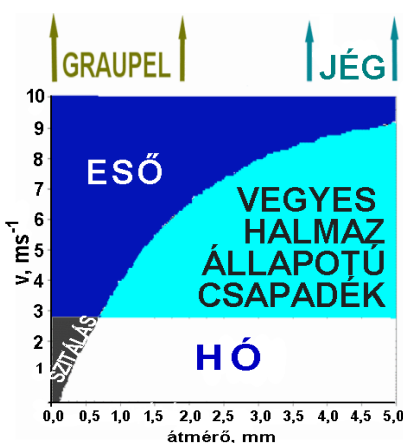
15. ábra: OTT Pluvio 2 csapadékmérő



16. ábra: Cseppspektrum mérő működési elve



17. ábra: Cseppspektrum mérő eloszlási görbéje



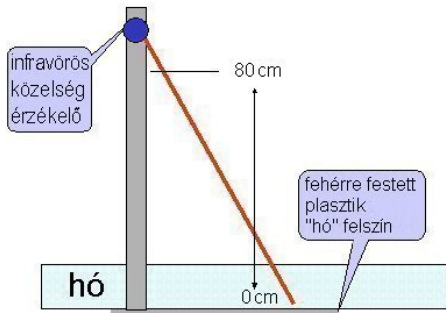
18. ábra: Csepphalmazállapot meghatározása



19. ábra: OTT Parsivel cseppspektrum mérő

tisztítása, mert a szennyezett külső felület csökkenti a hatékonyságot. Jellemzően 2 m magasságban történik az elhelyezése, a jellemző szélirányra merőlegesen. A cseppméret eloszlás mérő ezen kívül lehetőséget ad a meteorológiai radarok által mért csapadékmező földi bázisú ellenőrzésére is. Az eszköz a WMO csapadék osztályozása szerinti csapadéktípusra vonatkozó jelenidő kódot is tud adni. Magyarországon 18 helyen történik mérés (2017-es adat), az OTT cég Parsivel 2 típusával (19. ábra).

Hómagasság. A hó formájában lehullott csapadék magassága két módon mérhető műszeresen. Az egyik módszer esetén a havas felület felett kerül elhelyezésre egy ultrahangos adó-vevő és a visszaverődés idejét mérjük. Az ultrahang az emberi füllel nem hallható (40...50 kHz frekvencián működik). Ha magasodik a hóréteg, akkor csökken a mért idő. A másik módszer esetén a hóréteg felett egy lézeres távolságmérő található (úgy, hogy a sugár ferdén érje a hófelszín), és szintén a visszaverődés ideje kerül megmérésre, ebből számítható a hómagasság



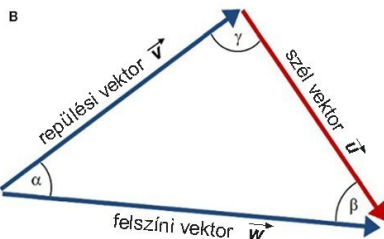
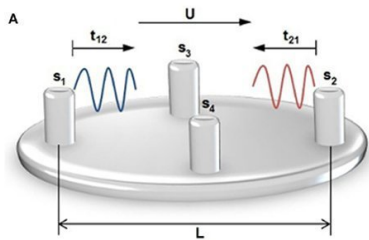
20. ábra: Hómagasság lézeres mérésének elvi elrendezése



21. ábra: Jenoptik SHM30 lézeres hómagasságmérő



22. ábra: Forgókanalas szélesség mérés elve



23. ábra: Ultrahangos szélességmérés elve.



24. ábra: Theodor Friedrich szélcsatorna



25. ábra: Vaisala WAA 151 szélességmérő



26. ábra: Vaisala WMT52 szélmérő



27. ábra: Gill Wind Observer szélmérő



28. ábra: Forgótárcsa a tengelyen

(20. ábra). A méréshez nagyon fontos az egyenletes felületű, és talajhoz hasonló anyagú felület biztosítása a földön (hóréteg alatt). A hó anyaga valamennyire porózus, ezért az ultrahang részben elnyelődik benne.

A lézeres mérés esetén egy minőségi mutatót is ad a rendszer, ez segíti a mérések kiértékelését. A műszereket jellemzően 2,5 m magasságban helyezük el. A kalibrálás lényegében a pontos magasság beállítása és ennek későbbi ellenőrzése. Magyarországon jelenleg csak egy helyen történik mérés a Jenoptik SHM 30 lézeres érzékelővel (21. ábra). Pontossága ± 1 cm. Hótakaró eddig mért legnagyobb vastagsága egyébként 146 cm (Kékestető, 1963).

Szélesebesség mérő. A légkörben található levegő áramlását szélnek nevezzük. A szél sohasem egyenletes, ráadásul sokszor lökészerű. A szélmérésnél megkülönböztünk átlagot és szélökést (rövid idejű eltérés az átlagszélétől) is. A szélesebesség mérésénél az elterjedtebb mérési módszer a forgókanalas kialakítás. A szél forgat egy hármass kanalat, és a tengely alsó részén található egy helyenként lyukas tárcsa. Ezt a tárcsát egy LED fényforrás világítja át (22. ábra). Minél gyorsabban forog a kanál, annál gyakrabban van megszakítva a fény útja, annál magasabb lesz a kimenő frekvencia, és így a szélesebesség is. A szélirány mérésről a következő bekezdés szól. A szélmérők nyaka télen fűtött, hogy a forgó tengely ne fagyjon le, vagy a lerakódott hó, jég leolvadjon.

A szélesebesség mérhető ultrahangos mérési módszerrel is. A hang terjedését a szél az irányától függően tudja erősíteni, és gyengíteni is. Az érzékelő megméri a terjedési időt az adó és a vevő fej között, ebből számítható a szél nagysága (23. ábra). Dupla (oda-vissza) méréssel kiesik a hangterjedés hőmérsékletfüggése. Négy irányba mérve pedig kapunk egy szélvektort, vagyis szélirányt, és szélerősséget is.

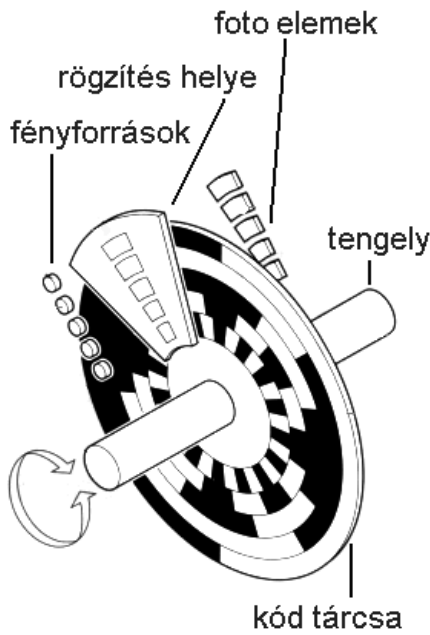
A szélesebesség igen hideg környezetben, vagy alacsony értékek pontos meghatározása érdekében hődrótos kialakítással is mérhető. Az érzékelőben egymás mellett helyezkedik el egy fűtőszál, és egy kontroll hőmérő. A szél hűtő hatása miatt a fűtőszál lehűlné, de a vezérlése állandó hőmérsékleten próbálja tartani, amit a kontroll hőmérő mér. A bevitt teljesítmény arányos a szélesebességgel. Az ultrahangos- és a hődrótos mérési módszer nem tartalmaz mozgó alkatrészt, így kisebb a meghibásodás valószínűsége.

A szélmérőt 10 m magasán kell elhelyezni, úgy, hogy a közelben (50 m-re) nem lehet zavaró tárgy (fa, épület). A szélesebesség mérők kalibrálása szélcsatornában (24. ábra) történik, ahol különféle szélesebességeknél referencia (pitot csöves nyomás és termoelektromos) érzékelővel kerül összehasonlításra. A kalibráláskor az elindulásnak (indulási küszöb) $0,5 \text{ ms}^{-1}$ alatt, a pontosságnak pedig 5 ms^{-1} -ig $\pm 0,5 \text{ ms}^{-1}$, 5 ms^{-1} felett pedig $\pm 0,7 \text{ ms}^{-1}$ -on be-

lül kell lennie a referenciához képest. Legnagyobb mért hazai szélökés: $171,7 \text{ kmh}^{-1}$ ($47,7 \text{ ms}^{-1}$, Kab-hegy, 2010). Forgó kanalas szélmérő eszközeink: Vaisala WAA151 (25. ábra), WAA252 (itt a kanál is fűtött), és a WMT52 (26. ábra), az Unitek WM, ultrahangos a Gill Wind Observer 65 (27. ábra), és Windsonic, termoelektromos pedig a Lambrecht Preos.

Szélirány mérő. Széliránynak nevezzük azt az irányt, amerről a szél fúj. A szélirány mérő forgó zászlós kialakítása lényegében megegyezik a szélesebesség mérővel. A tengelyen elhelyezett tárcsa (28. ábra) 6 körben (6 biten) van kilyukasztva (Gray kódolással: így két pozícióváltás között csak 1 bit változik mindig, 29. ábra). A tárcsát 6 LED világítja át, így összesen 64 pozíciót tud megkülönböztetni (5,6 fokos felbontás adódik ebből). A széliránymérő esetében fontos az északi tájolás, a hálózati észak adja a viszonyítási pontot. A kalibrálás során az indulási (elfordulási) küszöböt, és az összes irány érzékelését ellenőrizzük. A mérőhálózatban Vaisala WAV151 és WAV252 (30. ábra) eszközök vannak használatban (és a szélesebesség mérőnél említett komplex mérők).

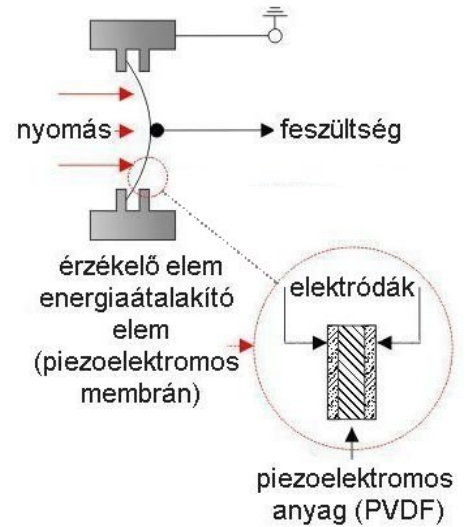
Légnyomás mérő. A légnyomás egy adott ponton a levegőoszlop súlya által az adott felszínre kifejtett nyomás érték. A tengerszinti légköri nyomás szabványos értéke $1013,25 \text{ hPa}$. A mérőeszközökben a légnyomás változását egy szilícium kapacitív érzékelő méri. Az érzékelőben lévő egyik réteg (fegyverzet) a légnyomás változására kis mértékben meghajlik, ettől megváltozik az érzékelő kapacitása és számítható a légnyomás. A fegyverzetek között vákuum van. A másik mérési módszernél egy piezo lapka helyezkedik el. A nyomáskülönbség hatására a piezo lapka feszültséget generál (31. ábra), amiből számítható a légnyomás. Pontosabb (repülőtéri) mérésekhez 3 cellás eszközt használunk, ahol az érzékelőben többségi döntés alapján kerül eldöntésre, hogy melyik cellákat veszi figyelembe az érzékelő a mérés során. A légnyomás értékek összehasonlításához a helyi mért légnyomást (QFE), közepes tengerszintre (=MSL) átszámított (QNH), vagy a szabvány légnyomásra (QNE) kell átszámítani. A légnyomásmérők kalibrálása során különböző nyomás értékek kerülnek előállításra, amit egy referencia nyomásmérővel hasonlítunk össze. A pontosságnak $\pm 0,3 \text{ hPa}$ -on belül kell lennie. A referencia légnyomásmérő egy RUSKA nyomásetalonra van visszavezetve (32. ábra), ahol nagy pontosságú súlyokkal állíthatók elő referencia légnyomás értékek. Magyarországon 48 helyen történik mérés (2017-es adat). Legmagasabb hazai mért tengerszinti légnyomás: $1055,9 \text{ hPa}$ (Budapest II, 1907), és legalacsonyabb tengerszinti légnyomás: $968,6 \text{ hPa}$ (Nagykanizsa, 1976). A mérőhálózatban Vaisala PTB210 (33. ábra, 1 cellás), és PTB330 (34. ábra, 3 cellás) mérőeszközök vannak használatban.



29. ábra: Forgótárcsás szélességmérés elve



30. ábra: Vaisala WAV151 széliránymérő



31. ábra: Piezo nyomásmérő mérési elve



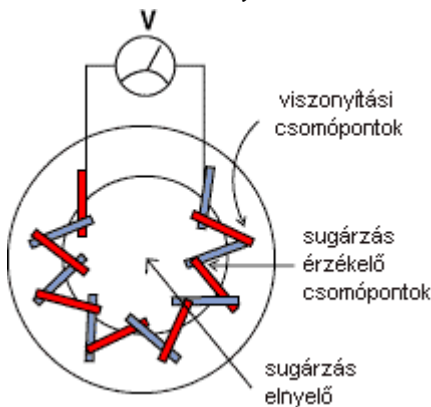
32. ábra: Ruska nyomás etalon



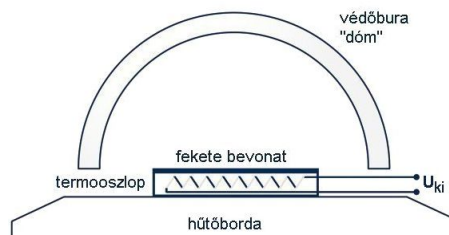
33. ábra: Vaisala PTB 210 nyomásmérő



34. ábra: Vaisala PTB 330 nyomásmérő



35. ábra: Hőelem oszlop felépítése



36. ábra: Sugárzásmérő elvi felépítése



37. ábra: Kipp & Zonen CM 11 sugárzásmérő

Globálsugárzás mérő. A Naptól rövid, és hosszuhullámú sugárzás is érkezik hozzánk. A rövidhullámú sugárzásnál megkülönböztetünk direkt sugárzást (napkövető segítségével, közvetlenül a Napra irányítva, csak a nap térszögét nézve, ez pyrhemióméterrel mérhető), diffúz, vagy más néven szórt sugárzást (napkövető segítségével követhető a Nap, de kitarakva a Napkorongot, pyranométerrel mérhető), és reflex, vagy más néven visszaszórt

sugárzást (ami lefelé néző pyranométer segítségével mérhető, ez az albedó). A direkt sugárzás függőleges komponense és a diffúz sugárzás adja a globálsugárzást (pyranométerrel mérhető). A hosszuhullámú (távoli infravörös) sugárzásnál mérésre kerül a légkör visszasugárzása (égbolt felé néző pyrgeométer) és a felszín kisugárzása (lefelé néző pyrgeométer) is. A hosszuhullámú sugárzás forrása jóval hidegebb mint a Nap. Az ország

nagy részén csak globálsugárzás mérése történik mivel a napkövetős mérésekhez szükséges berendezés elég költséges. A globálsugárzás mérőnél egy feketére festett termoszlop (hőelem oszlop, 35. ábra) a Nap sugárzási energiájával arányos feszültséget generál az érzékelő kimenetén. A hőelem oszlopok sorba vannak kötve a nagyobb feszültség előállításához (ez is mV-os tartomány). Az érzékelőt 2 kvarcüveg védi (36. ábra): ez egyrészt szűrőként viselkedik (csak a 300–3000 nm tartományt engedi át, az infravörös sugárzás távoli tartományát kiszűri), és csökkenti a szél hűtőhatását, hogy az érzékelő külső testének hőmérséklete közelítsen a belső részhez. A globálsugárzás méréséhez akadály, kitakarás, és árnyékmentes elhelyezés szükséges: a teljes horizontnak láthatónak kell lenni. Nagyon fontos az eszköz vízszintezése (a sugárzott jel a Nap beesési szögének koszinuszával szorozódik). A kalibrálás során a Napot használjuk sugárforrásként, amit referencia globálsugárzás mérővel hasonlítunk össze (ezt pedig pyrheliométeres mérések alapján lehet kalibrálni, nemzetközi etalonra visszavezetve). Az érzékelő pontosságnak $\pm 0,5\%$ -on belül kell lennie. Magyarországon 40 helyen történik globálsugárzás, és 2 helyen pedig sugárzásegyenleg mérés is (2017-es adat). Magyarország a WMO egyik Regionális Napsugárzási Központja. A „napsütéses órák száma” kifejezést igen elterjedten használja a köznyelv (ez lényegében a direkt sugárzás 120 Wm^{-2} feletti értékét jelenti), de használata nem ajánlott, mivel a globál és direkt sugárzás értékek használatával sokkal pontosabb információkhoz jutunk. A legmagasabb mérhető hazai globálsugárzás érték $1120\text{--}1150 \text{ Wm}^{-2}$ körül van, a légkör határán a maximum (a napállandó): 1361 Wm^{-2} . A magyar mérőhálózatban a Kipp & Zonen CM3, CM6, és CM11, és CMP (37. ábra) sorozat eszközei találhatóak.

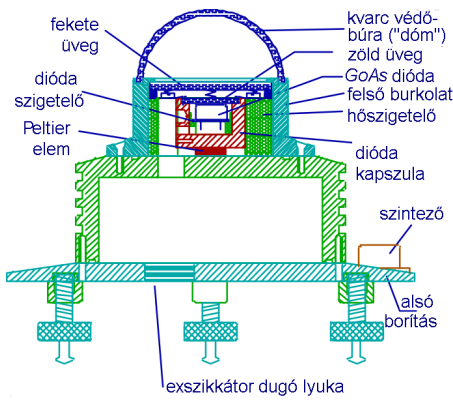
UV-B mérő. A Napból érkező rövidhullámú (280–320 nm hullámhosszú) UV sugárzást UV-B sugárzásnak hívjuk. Az UV-B sugárzást az UV biométerrel mérjük, ami az emberi bőrre hatékony (effektív) UV-B sugárzás mennyiségét méri meg, mértékegysége MED/óra (*minimal erythema dose*). 1 MED/h az a mennyiség, ami egy megadott bőrtípuson, 1 óra folyamatos besugárzás mellett bőrpírt hoz létre. A mérőműszer lényegében egy hullámhossz konvertáló: az UV-B sugárzást eltolja a látható tartományba. Az érzékelő külső részén lévő kvarcüveg védi az eszközt a szél hűtőhatásától, és biztosítja az egyenletes szórást (teflon diffúzorral). Az üveg alatt található fekete üveg hullámhossz szűrést végez, majd az alatta elhelyezkedő foszfor réteg a beérkező fotonok hatására foszforeszkálni kezd (fotoelektromos effektus: fotonok hatására elektron kilépés). Ezt a fényt érzékeli a Gallium-arszenid (GaAs) dióda (38. ábra). Mivel a dióda hőmérsékletfüggő, ezért a diódát állandó hőmérsékleten kell tartani egy Peltier elemmel. Az UV-B mérő kalibrálása során a Napból érkező sugárzást összehasonlítjuk egy referencia UV-B mérővel (amit egy etalon Brewer spektrofotométerre vezetünk vissza). Az UV-B sugárzásmérő által mért sugárzási érték nehezen volt értelmezhető a hétköznapokban (nagyon kicsi érték), ezért alkottak belőle (Kanadában) egy körülbelül 0-10 közötti értéket, ez az UV-B index. (azonban Kanadához képest a

téritői övben magasabb az UV-B sugárzás, ezért ott az UV-B index 10 fölé is mehet). $4,29 \text{ MED/h} = 10 \text{ UV index}$, ($1 \text{ MED/h} = 0,05827 \text{ Wm}^{-2}$, és $1 \text{ MED} = 21 \text{ mJcm}^{-2}$). Magyarországon 6 helyen történik UV-B mérés. A legnagyobb mért hazai UV-B index 9,4 volt (Kékestető). A hazai mérőhálózatban Solarlight 501 (39. ábra) típus van használatban.

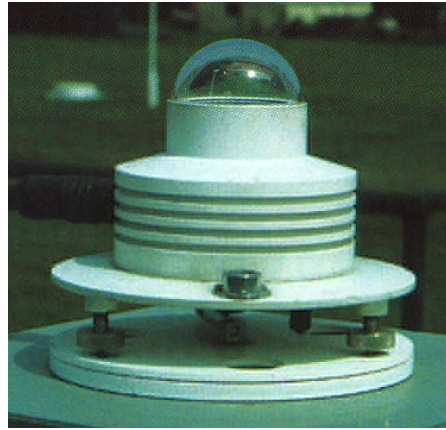
Gammadózis mérő. A gammasugárzás jellemzően az atommag bomlásából ered, ami környezeti dózis egyenértékben határozható meg. A mérőeszköz egy Geiger-Müller számláló, a lelke a proporcionális számlálósó, a cső belsejében szigetelő (argon) gáz, egy anód szál, és a nagyfeszültségre kapcsolt katód (köpeny) van. A mérőeszközben a szigetelő gáz miatt alapesetben sugárzás hiányában nem folyik áram, de a beérkező részecskék ionizálják a gázt, az vezetővé válik, és a keletkező elektromos áramot mérjük (40. ábra). A beérkező fotonok hatására lavinaeffektus indulna be, és fennmaradna a folyamatos vezetés, ezt azonban megakadályozza a speciális gáz. A beérkező fotonok keltette áramokat számláló számolja. A gammadózis mérők kalibrálását a BFKH Mérésügyi Főosztálya (volt MKEH) végzi. Az eszköz pontossága az adott mérési tartomány 10% -a. Az eszköz mérési tartománya $10 \text{ nSv/h}\text{--}10 \text{ Sv/h}$. Magyarországon 28 helyen történik mérés, a Katasztrófavédelemmel együttműködve, a háttérsugárzás mérő hálózat részeként. A mérőhálózatban a Bitt Technology RS03 (41. ábra) típusa található meg.

Felhőkamera. A felhőkamera fényképet ad egy adott helyszínen a felhők típusáról, mozgásáról és az égbolt borítottságáról. A felhő kamera nagymértékben segíti a távészlelést, mert egy előrejelző több helyszínről kaphat vizuális információt egy időben. A felhők megfigyelésére használható fényképezőgép vagy webkamera is. A fényképezőgép a jó minőségű optika és a nagy dinamika tartomány miatt nagyon szép képeket készít, a webkamerák előnye pedig a vízhatlan kültéri kivitel és az élőkép biztosítása. A felhőkamerák esetében fontos a széles látószög és a tájolás (a jellemző vihar közeledési iránya felé érdemes néznie a kamerának). Magyarországon 21 helyen készül felvétel az égboltról rendszeresen. A Mobotix cég Q24 (42. ábra) webkamerája vagy Nikon D80 fényképezőgép Sigma 12–20 mm objektívvel található a hálózatban.

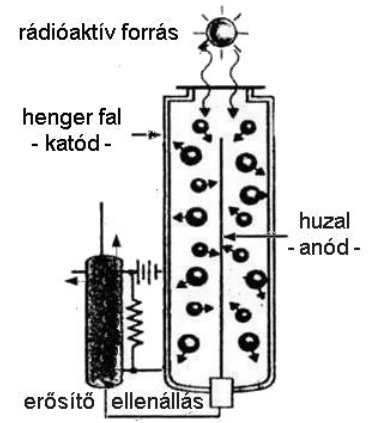
Felhőalpmérő. A felhők magassága fontos információ a repülés meteorológia számára. Az alsó légrésekben, a határreteg közelében elhelyezkedő felhők kiemelten fontosak. Felhőalpnak nevezzük a legalacsonyabban elhelyezkedő felhő alsó határának magasságát. A felhőalpmérő egy lézertény impulzust (910 és 1064 nm hullámhosszon) bocsát ki, kis nyílásszöggel, függőlegesen felfelé (LIDAR technológia, 43. ábra). A felhőkben elhelyezkedő vízcseppekről visszaverődik a jel. Az elvelt időből és a visszavert jel erősségéből egy visszaszórás profil készül, ebből pedig megállapítható a felhő magassága (kiszélesedés a profilon). A mérőeszköz rendelkezik felhőborítottság (*sky condition*) algoritmussal, amelynek a működési elve, hogy 30 perces idő ablakban figyeli a



38. ábra: UV-B mérőegység működési elve



39. ábra: Solarlight 501 UV-B mérőegység



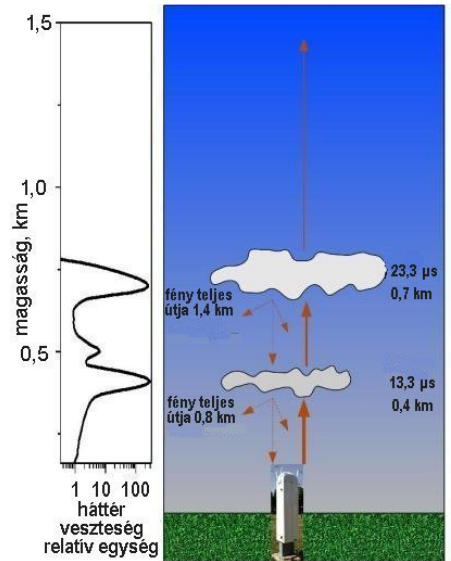
40. ábra: Gammasugárzás (gammadózis) mérési elve



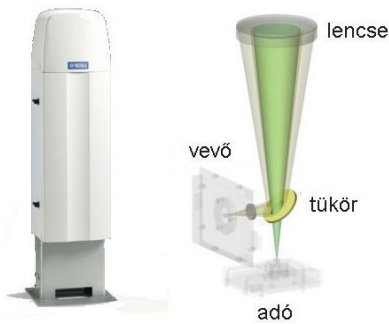
41. ábra: Bitt Technology RS03 gammadózis mérő



42. ábra: Mobotix Q24 felhőkamera



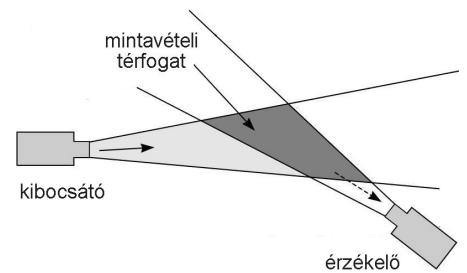
43. ábra: LIDAR mérési elve



44. ábra: Vaisala CL31 felhőalpmérő és mérési elve



45. ábra: Lufft CHM15K felhőalpmérő



46. ábra: Előreszóródásos mérés elve

felhők változását, és homogénnek tekintve a felhőzetet, és mozgásukat, becslést ad a felhőborítottságra. Van lehetőség 3 egymás felett elhelyezkedő különálló „felhőalap” (felhőréteg) meghatározására is, Vaisala eszközzel 3–5 km, Lufft eszközzel 15 km magasságig. Nagyon fontos az eszköz rendszeres tisztítása, mert a szennyezett külső felület csökkenti az eszköz hatékonyságát és mérési tartományát. A műszer figyeli a lencsék szennyezettségét és a kimenő fény intenzitását, ezzel is korrigálva önmagát a pontos méréshez (önkalibrálás).

A legalacsonyabb felhő a talajon lévő köd. A műszer pontossága $\pm 1\%$. Magyarországon 7 helyen történik, Vaisala CL31 (44. ábra), és Lufft CHM 15k (45. ábra) típusokat használva, de hamarosan megduplázzuk ezeken az eszközöknek a számát.

Látástávolságmérő. A látástávolság az a legnagyobb vízszintes távolság, amelyről egy tárgy egy észlelőnek még éppen felismerhető. A műszeres megvalósítása ennek a „meteorológiai optikai távolság” (MOR), ami az a távolság, ahol egy fényforrás eredeti fényereje 5%-ra csökken.

Repülőtéri környezetben a látástávolságmérő az RVR érték kiszámításához szükséges (RVR: futópálya menti látástávolság). Az RVR érték meghatározásához a következő információk kellene: a látástávolság érték (MOR), a háttérmegvilágítás (cdm^{-2}), és a pályafény intenzitás. Az RVR tájékoztatja a leszálló repülőgépet a látási viszonyokról (milyen hosszán láthatják majd a kifutópályát), és meghatározza, hogy az adott repülőgép képes-e leszállni adott RVR érték mellett.

A hálózatban használt látástávolságmérő egy ferdén egymással szembe helyezett infravörös adó és vevő egységből áll, olyan kialakításban, hogy az adó ne a vevő „szemébe” világítson, hanem ferdén, egy köztes térrészre. A kibocsátott fényimpulzus a levegőben lévő részecskéken ($1 \dots 10 \mu\text{m}$) előre szóródva jut a vevőbe (fotodióda). Ha ködös az idő, sok részecske van a vizsgált térrészben, és e miatt sok fény verődik előre a vevőbe, alacsony lesz a látástávolság érték (46. ábra). Az adó által sugárzott fény modulált (pulzáló), így kiküszöbölhető más fényforrás hatása. Az érzékelő magának korrigálja az adót és a vevőt, beleértve a lencsék koszolódását is, és a kimenő fényerősséget, hogy kiküszöbölje ezeket a hibákat. A kalibrálás a helyszínen történik speciális kalibráló lencsékkel. A látástávolságmérőt 2,5 m magasságban kell elhelyezni, úgy, hogy ne legyen a közelben tükröző felület, és a vevő ne nézzen a Napba. A látástávolságmérőn gyárilag kerül elhelyezésre a háttérmegvilágítás-mérő is, ez az emberi szem spektrumával megegyező tartományú, kis nyílásszögű, fénysűrűség mérő. Az látástávolság mérő eszköz jelenidő kódot is generál, pontossága $\pm 10\%$. Magyarországon 8 helyen történik mérés Vaisala PWD 22 (47. ábra) típusú műszer segítségével.

Talajnedvesség mérő. A talajnedvesség az adott típusú, szerkezetű talaj maximális vízkapacitásának százalékos értéke (tömeg vagy térfogat százalékban). Az érzékelők egyik típusa a talaj dielektrikumát méri, térfogat százalékban kifejezve (*VWC – volumetric water content*). A műszer kibocsájt egy elektromágneses jelet, ez visszaverődik az érzékelő végéről (a talaj állapota befolyásolja a jel terjedését). Ahogy visszaérkezik a jel, ismét kiküldi, és így kialakul egy oszcilláció, melynek frekvenciája arányos a talaj víztartalmával (*TDR mérés – time domain reflectivity*, 48. ábra). A hullám terjedési idejét módosítja a talajban lévő vízmennyiség (a víznek jóval magasabb a talajhoz képest a dielektromos állandója).

A másik mérési megoldás esetében az érzékelő egy kondenzátor. A talajban lévő víz miatt (mint változó dielektrikum) változik az érzékelő kapacitása is, és így a talajnedvesség is. Az érzékelők környezetében lévő talajmintákat laboratóriumban ellenőriztettük, ez alapján határozhatóak meg a száraz és a telítési értékek is. A műszerek pontossága $\pm 2\%$. Magyarországon 25 helyen történik mérés a vízügyi mérőhálózatban 3 szinten (10, 20, 50 cm mélységben), de mivel ezek elhelyezése nem minden esetben ideális, ezért körültekintően kell ezeket az adatokat használni. A Decagon EC-5 (49. ábra), és a Campbell CS-616 típus van használatban.

Talaj-, és talajfelszín hőmérséklet mérés. A talaj- és a talajfelszín hőmérséklet mérés lényegében megegyezik a (lég) hőmérsékletnél leirtakkal, csak ebben az esetben a szenzor egy tokozott, vízálló fémcsőbe kerül. Talajhőmérséklet érzékelőt csak bolygatatlan talajba célszerű elhelyezni, jellemzően 5, 10, 20, 50, és 100 cm mélységben. Kalibrálás során az érzékelőket klímakamrában hasonlítjuk össze referencia hőmérővel. Az érzékelők pontossága $\pm 0,2 \text{ C}$. 100 cm mélységben a talajhőmérséklet megközelíti az évi átlag középhőmérsékletet. Magyarországon 49 helyen történik talajhőmérséklet mérés.

A talajfelszín (vagy „fűhőmérő”, 50. ábra), egy kis (árnyékoló) *shield*ben elhelyezett talajhőmérő. Magyarországon 96 helyen történik mérés. Az érzékelők nem kerülnek ki kalibrálásra a talajból, mert az érzékelő egység kellően pontos (1/10 DIN osztályú, $\pm 0,03 \text{ C}$ -os Pt100), időbeli stabilitása nagy, és nehéz lenne a kiásásuk az érzékelők megsértése nélkül. A mérőhálózatban Vaisala DTS12G és a TCdirekt érzékelője van használatban.

Megfigyelési rendszerek. A teljes földre kiterjedő meteorológiai mérési és megfigyelési rendszer, a Globális Megfigyelő Rendszer (GOS) a Meteorológiai Világszervezet (WMO) kategorizálása szerint két alrendszer mérési rendszer programjait foglalja magába. Ezek a földbázisú valamint az űrbázisú alrendszerek.

Az eddig felsorolt műszerek a légkörfizikai elemeket, a meteorológiai értékeket közvetlen mintavételezéssel határozzák meg. A földbázisú megfigyelő rendszer eddig felsorolt elemeit, a különböző földfelszíni méréseket egészítik ki a távérzékelési eszközök mérései. Távérzékelésnek hívjuk azokat a mérési módszereket, ahol a légkört közvetve, a légkör „érintése” nélkül, nagy távolságból mérjük. Ezen belül a profilmérések (szél-profil és szonda) pedig a légkörben folyamatosan jelen lévő, a Nap sugárzása miatti hőmérséklet különbség és annak kiegyenlítődése miatti cirkuláció mérésében segítenek. (A légkör a felsőbb rétegekben hatékonyabban tud leadni energiát, hatékonyabban hűl, s energia minimumra törekszik.) Ezekről a mérésekről most csak röviden írok.

Radar. A meteorológiai radar egy olyan rádiólokátor, ami képes meghatározni egy adott csapadékmező helyzetét az általa kiadott jelek visszaverődéséből. A radar által kiadott impulzus (5 GHz-es sávban) visszaverődik a víz és jég részecskékről, a hidrometeorokról (51. ábra). A visszavert jel nagysága arányos a cseppek méreteloszlásával, a visszaverődés ideje pedig a távolsággal. A különböző csapadék elemek eltérő módon verik vissza a jelet (reflektivitás), ezért a doppler jelenséggel és a kétféle polarizáció alkalmazásával megállapítható a csapadékmező mérete, halmazállapota, alakja, mozgási iránya, és a csapadékinzintás is. A radar nyílásszöge igen kicsi (1 fok). A radar folyamatosan forog, egy teljes mérési program elkészítése több mérési szögön kevesebb, mint 5 perc. A mérés (volume scan) több magassági szögön végzett mérésből (kúppalást, sweep) áll. Ezeket egymásra helyezve minden földrajzi pont felett a legmagasabb

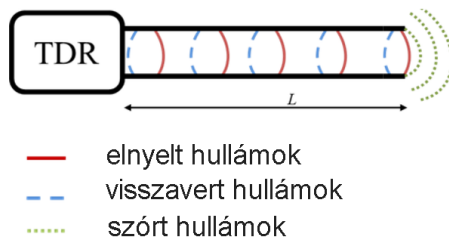
reflektivitás értékeket kiválasztva kapjuk az oszlopmaximum képet CMAX), majd a különböző radarok által készített képeket összegezve készül el a kompozit radarkép, ez látható az Országos Meteorológiai Szolgálat weboldalán. A radarok segítségével sokféle produktum készíthető még, ez itt most nem kerül részletezésre. Igen érzékeny a radar az 5 GHz Wifi sávra, folyamatosan szűrni is kell ezeket a téves jeleket. A radar kalibrációja jelgenerátorokkal, és műszeres mérésekkel történik. A radarok mérési távolsága 250 km. Az EEC amerikai műszergyártó cég duál-polarizációs radarjait használjuk Magyarországon, 4 helyen (52. ábra).

Műhold. A meteorológiai gyakorlatban használunk a Földdel együtt forgó, geostacionárius holdakat illetve alacsonyabb magasságon keringő kvázipoláris holdakat. A Föld fölött keringő műholdak több spektrális tartományban (látható, és infravörös) készítenek felvételeket a felszínről és a felhőkről. Ezeknek a képeknek (csatornáknak) a kombinálásával speciális újabb és újabb képek készíthetők, amik különböző információkat mutatnak a légkör állapotáról.

Villámlokalizáció. A villámlás a felhőkben felhalmozódott töltéskülönbség kiegyenlítésekor keletkezik, jellemzően nyári időszakban, heves feláramlás következtében



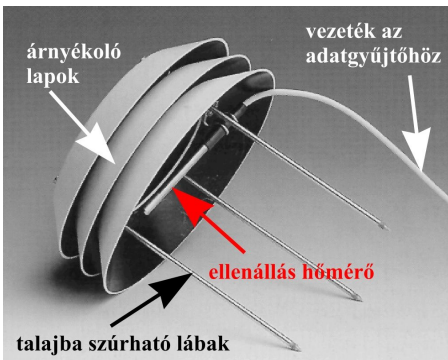
47. ábra: Vaisala PWD22 látástávolságmérő



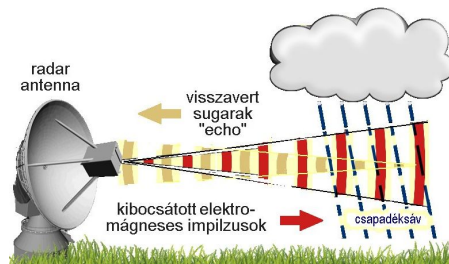
48. ábra: TDR (time domain reflectivity – idő tartomány visszaverődés) mérési elv



49. ábra: Decagon EC-5 talajnedvességmérő



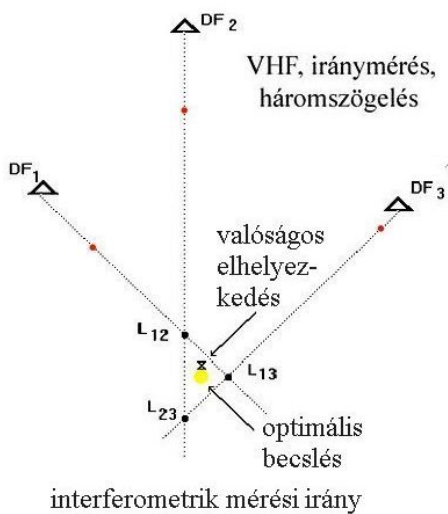
50. ábra: Talajfelszín (radiációs minimum) hőmérsékletmérő elrendezés



51. ábra: A radar mérési elve



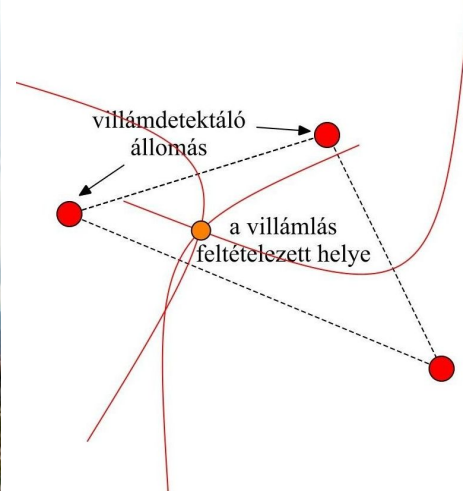
52. ábra: A Napkori Radarállomás tornya, a védőgömbbel



53. ábra: Háromszögeléses mérési módszer



54. ábra: LINET antenna



55. ábra: TOA (time of arrival – érkezési idő) mérési módszer

(súrlódás és feltöltődés). Megkülönböztetünk felhő-felhő (CC), és felhő-föld villámokat (CG). A villámok csak egy kis része éri el a talajt, a nagyobb része a felhőben sül ki. A villámlás pozíciójának meghatározása segíti az előrejelzést, életvédelmi célokat szolgál, és kártérítési esetekben segíti a biztosítókat. A villámlás lényegében egy széles spektrumú „rádió” jel sugárzás.

A régebbi SAFIR rendszer rádió iránymérést használ, ennek a lényege, hogy az országban 4 helyen elhelyezett iránymérő antennák megméri a vett jel irányát (fázisméréssel, 110–120 MHz sávban), majd háromszögeléssel (53. ábra) meghatározható a villám pozíciója. Az eszkö-

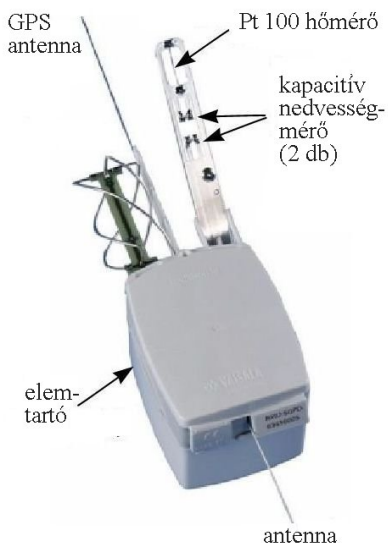
zök kalibrálása rádiós jelforrással történik. A mérések pontossága 100 m–1 km között volt.

A másik használt és pontosabb módszer a LINET rendszer (54. ábra), ahol időkülönbség mérésre van visszavezetve a mérés. A villám eltérő időben éri el a GPS által összehangolt mérőállomásokat, majd az állomások közötti időkülönbségből felrajzolt hiperbolák metszéspontja megadja a villámlás helyét 100 m pontossággal (TOA módszer – time of arrival, 55. ábra).

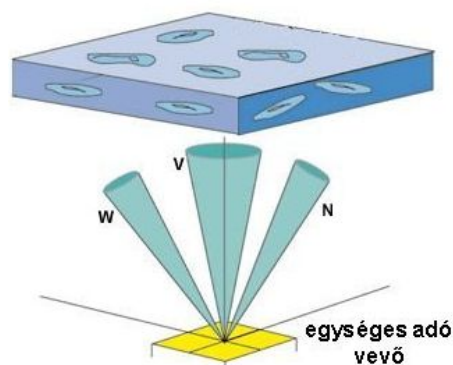
Rádiószondás mérések. Az időjárás alakulásában fontos szerepe van a magas légkörben lejátszódó folyamatoknak, ezekről rádiószondákkal tudunk mérési adatokat



56. ábra: Rádiószonda felbocsátás („dobás”) Pestszentlőrincen



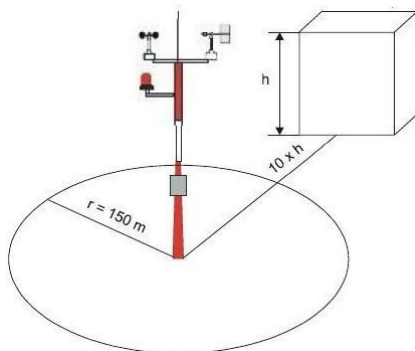
57. ábra: Vaisala RS92 rádiószonda



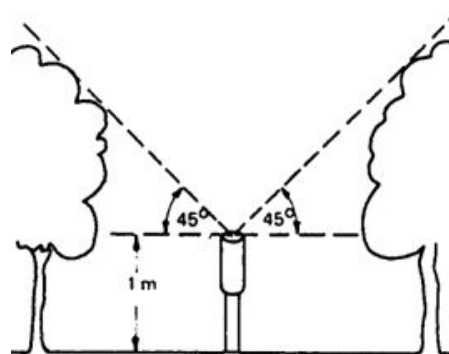
58. ábra: Windprofiler működési elve



59. ábra: Degreane Horizon windprofiler



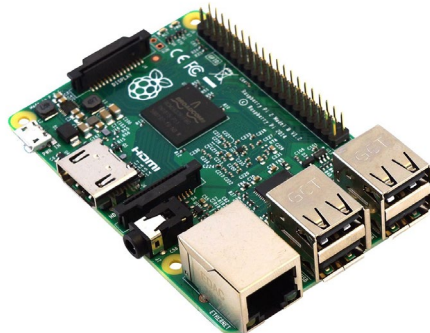
60. ábra: Zavaró hatások kiküszöbölése szélméréskor



61. ábra: Zavaró hatások kiküszöbölése csapadékméréskor



62. ábra: Vaisala QML201 adatgyűjtő



63. ábra: Raspberry Pi adatgyűjtő



64. ábra: Sierra FXT009 modem

szerezni. Pestszentlőrincen (56. ábra) és Szegeden napjában kétszer (és az egész Földön ezzel egy időben) felengednek dél és éjfél körül egy speciális, hidrogénnel töltött ballont. A ballon másfél óra alatt ér fel kb. 30 km magasságba, ezalatt a térfogata kb. százszorosára tágul (mert a nyomás a százada a Föld felszínéhez képest), elpukkan, és leesik (visszafelé 15 perc az út). A szondán a GPS adataiból számítható a magasság, a hőmérsékletet egy ellenállás hőmérő méri, és a GPS vevő adataiból pedig tudható, hogy a szél merre, és milyen erősen fújta el a felszálló egységet (az oldalirányú elmozdulások alapján). A szondán – típustól függően – két páratartalom mérő található, melyek felváltva működnek, mivel a nagyobb magasságokban a légkörben található víz ráfagyhat az érzékelőre. Ebben az esetben, amíg az egyik érzékelőről a jég leolvasztás történik, addig a másik érzékelő mér. Nem ritka, hogy a szonda a szél miatt akár 100–200 km-rel is elsodródik a kiindulási ponttól. A szonda egyszer használatos (megkeresése és újra használata nem gazdaságos), sok esetben Földet éréskor elpattan a hőmérőszála is. Az adatokat a beépített rádiós egység küldi ki a Földi állomáshoz 400–409 MHz közötti frekvencián. A szondás mérések egy profilt rajzolnak ki a légkörről, amelyen látható a felhők kondenzációs szintje, leolvasható a légkör (in)stabilitása. A szonda gyári, és eldobás előtti helyszíni kalibráción is átesik. A hálózatban Vaisala RS92 (57. ábra) és GRAW típusok vannak használatban.

Szélprofil mérők. A szélprofil mérő készülékek (*windprofiler*) segítségével meghatározható egy függőleges vonalban, rétegenként a szélvektor. A mérőegység kiad egy elektromágneses hullámot, ez pedig a szél által keltett mikroturbulenciákról visszaverődik (58. ábra). A visszavert jelnél az eltelt idő segítségével meghatározható a magasság, a frekvencia eltolódás alapján (doppler jelenség) pedig a szélvektor egyik irányú komponense.

Ha több irányba (függőlegesen, és döntve) is kiadunk jelet, akkor a visszavert jelekből kiszámítható a 3D szélvektor. A profilmérők közül a windprofiler rádiójelekkel dolgozik (GHz tartományban), míg a SODAR készülék hanghullámokkal (a hang fáziseltolásával hozható létre a döntött hang irány). A windprofiler mérési magassága 3,6 km magasságig terjed ki (típustól függően), a SODAR-é 600 m-ig. Az eszközök kalibrálása műszereken és hagyományos szélmérőkkel történik. A hálózatban Vaisala és Degreane Horizon (59. ábra) gyártmányokat használunk.

Mi kell a pontos méréshez?

Felmerülhet egy jogos kérdés, hogy mi is számít pontosnak, és az is, hogy ez miért fontos? Egyre több kertben lehet látni meteorológiai mérőeszközöket, de szinte majdnem minden háztartásban, vagy autóban megtalálható egy hőmérő is, igazából körbevesznek minket az érzékelők. Ahhoz, hogy megállapítsam, milyen ruhát kell felvennem, elég azt tudnom, hogy 10 vagy 15 fok van, de ahhoz, hogy ki tudjuk mutatni, hogy Magyarországon az elmúlt évtized átlaghőmérséklete 0,7 °C-ot emelkedett a 30 éves átlaghoz, ahhoz már olyan mérőrendszer kell,

amely legalább 0,1 °C pontosságú, különben a mérési bizonytalanság elfedné az eredményt. Hasonló ehhez a csapadékmérés is, ahol pl. a pontos csapadékmérés előfeltétele a vízügyi modelleknek, amik áradáskor a folyók vízszintjének meghatározását próbálják közelíteni, vagy egy szántóföldön a szükséges öntözővíz mennyiségét. A következőkben arról lesz szó, hogy pontosan mi is kell egy ilyen mérőrendszerhez.

Az első lépés, hogy átlássuk, milyen előírásoknak vagy nemzetközi ajánlásoknak célszerű megfelelni (akár az érzékelőt nézve, akár az elhelyezést). A meteorológiai méréstechnikában a WMO Guide 8 (Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation) 2014-es verziója átfogóan ismerteti a követelményeket, minden részletre kiterjedően. Bemutatja, hogy egyes érzékelőknek milyen pontosságúnak kell lennie, és hogyan kell elhelyezni őket. A 2014-es kiadás újdonsága, hogy részletes leírást ad egy adott állomás osztályozására, érzékelőnként megadva az osztályozási rendszert. Ez az osztályozás összehasonlíthatóvá teszi a mérőhelyeket, és információt ad arról, hogy egy adat mennyire reprezentatív. Repülőtéren állomások esetében az ICAO előírások követése fontos: az ICAO 9837 (Manual on Automatic Meteorological Observing Systems at Aerodromes), és az ICAO 8896 dokumentum App 2 része (Manual of Aeronautical Meteorological Practice).

A második lépés a megfelelő érzékelő kiválasztása. Az érzékelőknek elég szélsőséges időjárási körülmények között kell hosszú távon pontosan, stabilan és megbízhatóan működni (hidegben, melegben, esőben, UV-sugaraknak kitéve, és akár ellenállva a villámlás vagy más túlfeszültség lökéseknek is). Kevés gyártó tudja ezeket garantálni, talán a legnagyobb és legismertebb a finn Vaisala, aki szinte minden meteorológiai területre kínál érzékelőket. Csapadékmérésnél a német Lambrecht és OTT cég, sugárzásnál a holland Kipp & Zonen cég emelkedik ki. A nagy pontosságú eszközök ára elég magas: jellemzően 0,5–1 mFt között alakul az ár érzékelőnként, de egyes érzékelők egy felső kategóriás új autó árát is elérhetik.

A harmadik lépés a megfelelő helyszín kiválasztása. A mérési helyszínnek reprezentatívnak kell lennie, és lehetőleg zavaró hatásoktól mentesnek. A reprezentativitás azt jelenti, hogy az adott terület klímáját jól jellemezze – ha az állomás 1 km-el távolabb lenne telepítve, ott is hasonló eredményt kapnánk. A WMO Guide 8 pontos leírásokat ad az érzékelő elhelyezésekre, ebből emelek ki párat példaként. A hőmérsékletmérő esetében fontos, hogy ne érje közvetlenül a Nap, járjon a levegő körülötte, és más nagyobb tárgy ne befolyásolja. Ha például a közelben egy ház, vagy sötét színű beton található, akkor ezek kisugárzása megváltoztatná a mérést. Hasonlóan fontos a szélmérésnél, hogy van-e a közelben más antenna, oszlop, vagy épület. Akadályok közelében a szélsébség felgyorsul, vagy akár szélárnyék alakulhat ki. Nyílt területen az ajánlás, hogy az adott magasságú épülettől, a magasság 10x távolságára kerüljön (60. ábra), tető esetén az épület magasságának 1,5x-nél magasabb legyen az érzékelőket tartó oszlop. Csapadékmérés ese-

tén az a cél, hogy a felfogó felület 45 fokos nyílás szögébe (61. ábra) ne kerüljön zavaró tárgy (pl. fa), sugárzás mérő esetében nem lehet árnyékoló tárgy a közelben.

A negyedik lépés pedig a rendszeres ellenőrzés és karbantartás. Bár az automata állomások, ahogy a nevük is mutatja, maguktól mérnek, és nem igényelnek beavatkozást, a gyakorlat azt mutatja, hogy folyamatos gondozás szükséges. A növényzet szépen lassan birtokba tudja venni az állomást, ami befolyásolja a méréseket. Ezen hatások időnként kiszűrhetőek az adatok elemzése során is. Ilyen ellenőrzések során derülhet ki, hogy eltömődött a csapadékmérő és áll a belsejében a víz, ránőtt a fa az állomásra, elkopott a szélmérő csapágya (gyenge szélben alig indul), lezúzta a jég a hőmérő *shield*jét, vagy szétlőtték a széliránymérő lapátját légpuskával. E problémák elkerülése érdekében a rendszeres látogatásokat a hálózati ellenőrök végzik, akik ellenőrzik, kitisztítják az eszkö-



65. ábra: Adeunis ARF868 rádiós modem

zöket és lenyírják a fűvet is. Évente minden eszközt kalibrálunk az Országos Meteorológiai Szolgálat kalibráló laboratóriumában a nemzeti etalonra visszavezetett saját etalon eszközeinkkel. Az összehasonlítás után, szükség esetén javítani vagy cserélni kell a mérőeszközt.

Hogyan jut el az emberekhez a mérések eredménye?

Végignézve a folyamaton 5 lépést tudunk elkülöníteni: adatgyűjtés, adat-kommunikáció, tárolás, adatellenőrzés, megjelenítés. Az alábbiakban megpróbálom lépésenként bemutatni, hogyan is épül fel belülről a hálózat, és a végén hogyan láthatjuk, hogy tényleg fúj-e kint most a szél.

Az érzőkelők által mért adatok összegyűjtésére szolgál az adatgyűjtő. A régebbi analóg érzőkelők adatait digitalizálni kell, az újabbak már jellemzően RS485 vonalon érkeznek. Ezeket az adatokat az adatgyűjtő elemzi (statistikák és számítások: minimum, maximum, átlag, időbélyeg), konvertálja, és riportokat készít ezekből. Ezeket

a riportokat küldi majd tovább a kommunikációs csatornákon a gyűjtő szerver felé. Az adatgyűjtők kiegészítő részegységei a szünetmentes áramellátás, a túlfeszültség védelem (tranziens feszültség lökések ellen), és a távolról történő beavatkozás vezérlése (pl. reset, újraindítás). Az adatgyűjtők elhelyezésénél a folyamatos áramellátást (230 V) preferáljuk, mert a téli fűtési energiához aránytalanul nagy akkumulátor kéne napelemes rendszer esetén. Többféle adatgyűjtő van használatban az OMSZ mérőhálózatában. A régebbi Vaisala QLC, és Milos 500 típusok már előregedtek, és lecserélésük folyamatban van. Ezek helyett manapság Vaisala MAWS (QML 201, 62. ábra), és egy OMSZ fejlesztésű adatgyűjtő van használatban, amit ODL-nek hívunk (OMSZ Data Logger – egy TechnoLogic TS7260 alapú számítógép).

A vízügyi hálózatban az Unitek Kft által fejlesztett DC-02, a cseppspektrum-mérők adatait gyűjtő hálózatban



66. ábra: Ubiquiti NSM5 Wifi egység

pedig Raspberry Pi található (63. ábra). Speciális, kutatásokhoz használt állomásokon a Campbell cég CR1000 sorozatú adatgyűjtője található.

Az adatgyűjtés után a legfontosabb lépés, hogy az adatok bejussanak a központi adatbázisba. Az állomások legnagyobb részében nincs kiépített ethernet (internet) végpont ezért GSM alapú modemekkel, GPRS (2G...3G) kommunikációval, zárt APN-nel, titkosított csatornán biztosítva kerülnek be az adatok a központba.

Azokon a helyszíneken, ahol van internet vagy OMSZ ethernet végpont, ott ehhez a csomópontozhoz jut el az adat, és innen halad a központ felé. Ilyen technológiák az RS485, DSL, optika, 868 MHz rádió, és Wifi kapcsolat. Mindegyik technológia jellemzően nagy távolságra (akár km távolságra is) képes üzembiztosan továbbítani az adatokat:

- Az RS485 kommunikáció soros kommunikációt valósít meg vezetéken, zavarvédelemmel, kb. 1 km távolságba. A kommunikációs vonal föld független, a vonalra került jelek csak kis mértékben zavarják a kommunikációt.
- A DSL kapcsolat hatótávolsága pár km, hasonlít az otthoni „ADSL” -hez, de szimmetrikus az adatátviteli sebesség, és kifejezetten ipari alkalmazásokra készített eszközöket használunk, így kb. 1–5 Mbit/s ethernet kapcsolat valósítható meg, még erősáramú kábelben, az erősáramú jelre ráültetve is.
- Az optikai kapcsolat segítségével nagy távolságra, nagy sebességgel továbbíthatóak a jelek (Gbit sebesség). Multimódosú (MM, 50/125) és egymódosú (SM, 9/125) kábeleket használunk, az utóbbival nagyobb távolság érhető el (2 km helyett 20 km), de drágább. Viszonylag bonyolult a vezetékek végeinek elkészítése és kifejtése. Nagy problémát jelentenek a rágcsálók is, sokszor éppen az optikai kábelt rágják el.
- A 868 MHz sáv ISM, vagyis szabad rádiósávnak számít, nem kell engedély a használatához. Előnye, hogy nem kell kábelezést kiépíteni, soros kommunikáció valósítható meg vele. Hátránya, hogy nem zavarvédett, azonos csatornán lévő adó interferenciát és zavart okoz. Közel tiszta rálátás szükséges a kapcsolathoz. Az átviteli távolsága kb. 1–2 km.
- A Wifi kommunikáció előnye a gyors kiépíthetőség, sokféle eszköz, viszonylag gyors átviteli sebesség, és a 868 MHz-hez képest az ethernet kommunikáció tartalmaz hibakezelést, ezért bizonyos adatcsomag veszteséget is tolerál. Azonban a 868 MHz-hez képest sokkal kevesebb csatorna van, jobban fenn áll a Wifi eszközöknél egymás zavarása, főleg városi környezetben. A Wifi hatótávolsága pár km.

Fontosabb eszközök a hálózatban: Sierra FXT009 (64. ábra) és Robustel M1000 modem, Westermo DDW-120 DSL modem, Moxa switch és média konverterek, Adeunis ARF rádiók (65. ábra), és Ubiquiti NS M5 (66. ábra) Wifi egységek.

Az adatokat a gyűjtőszerver kéri le 10 percenként, és teszi be az OMSZ központi Oracle adatbázisba. Ezek után az adatok szűrése és elemzése is fontos feladat, hogy pl. egy meghibásodott érzékelő adatai ne kerüljenek majd felhasználásra.

Az adatok szűrése több lépésben történik. A gyűjtőszerver figyel, hogy két időpont között mekkora a változás, megadott limiteken túllépett-e, és környező állomások adataihoz képest mekkora az eltérés. Az adatokat egy külön osztály (Adatellenőrzési Osztály) vizsgálja folyamatosan, és a hibás, vagy hiányos adatokat kiszűrjük vagy javítjuk.

Az adatbázisban tárolt adatokból készülnek következő lépésben automatizált scriptekkel a weben megjelenő állomás információk, és az adatbázisból dolgoznak a modellek is.

Összefoglalás. Összefoglalásként kiemelném, hogy amennyiben megbízható adatokra van szükségünk nagyon fontos, hogy megfelelően pontos, és megbízható érzékelőket használjunk, rendszeresen ellenőrizzük és kalibráljuk őket, és legyenek ellenőrizve az adatok. Az interneten sok forrásból szerezhetünk mérési adatokat, és előrejelzési információkat, de fontos átgondolni, hogy mennyire is bízhatunk ezekben az adatokban, ha erre alapozzuk például a szabadidőnket, vagy egy rendezvényt. Egyre inkább megfigyelhető a kompakt érzékelők megjelenése is (ahol egy egység sok paramétert mér), és mozgó alkatrész nélküli mérési elvet használnak. Fontos, hogy ne csak a mérési eredményeket lássuk, hanem a mérés mögötti részt is, és tegyük fel a kérdést: mennyire megbízható az adat, amit látunk?

Köszönettel tartozom feleségem és volt kollégáim lektorálásáért, és Dunkel Zoltán lelkes, kitartó buzdításáért.

Irodalom, a felhasznált használati utasítások

- Bitt RS03 manual*
- Campbell CS-616, Instruction manual, 2016*
- Campbell SR50 Instruction manual, 2007*
- Decagon EC-5 operations manual, 2016*
- Degreane Horizon PCL 1300 WindProfiler manual*
- Gill Windsonic User manual, 2006*
- ICAO 8896 dokumentum App 2 része (Manual of Aeronautical Meteorological Practice), 2006*
- ICAO 9837 (Manual on Automatic Meteorological Observing Systems at Aerodromes), 2006*
- Kipp Zonen CM11 Instruction manual*
- Lambrecht Preos manual*
- Lufft CHM 15k manual, 2016*
- Lufft SHM30 User Manual, 2015*
- met.hu, időjárási rekordok*
- METEK sodar products description*
- OTT Parsivel 2 Operating Instructions*
- Ott Pluvio 2 Operating Instructions*
- Solarlight 501 manual*
- Vaisala CL31 user's guide, 2004*
- Vaisala HMP 110 user's guide, 2016*
- Vaisala PTB330 user's guide, 2009*
- Vaisala PWD22 user's guide, 2004*
- Vaisala RS92 user's guide, 2010*
- Vaisala SAFIR user's guide*
- Vaisala WAV151 user's guide, 2002*
- Vaisala WAA151 user's guide, 2002*
- WMO Guide 8 (Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation), 2014*

IDŐJÁRÁSI ISMERETEK OKTATÁSA – EGY PEDAGÓGIAI KÍSÉRLET EREDMÉNYEI

TEACHING WEATHER KNOWLEDGE – RESULTS OF A PEDAGOGICAL EXPERIMENT

Buránszkiné Sallai Márta

Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, Kitaibel Pál u. 1., sallai.m@met.hu

Összefoglalás. A bemutatott kutatás célja annak a vizsgálata, hogy milyen ismeretekkel célszerű bővíteni az általános- és középiskolás földrajz tananyagot, és milyen kompetenciák célzott fejlesztése szükséges annak érdekében, hogy az elősegítse az eddigieknél hatékonyabb alkalmazkodást a mindennapi időjárás kihívásaihoz. A szerző egy iskolai kísérlet keretében igazolja, hogy az időjárással kapcsolatos tananyagban a rendszerszemlélet fokozottabb megjelenése, a meteorológia korszerű eszközeinek bemutatása, az időjárási veszélyekkel és a veszélyhelyzetekben való viselkedéssel kapcsolatos, az eddigieknél részletesebb foglalkozás, az időjárási ismeretek gyakorlatorientált és érdeklődést felkeltő oktatása pozitív változásokat eredményez a légköri folyamatok megértésében és az időjárási információk mindennapi használatában.

Abstract. The aim of the presented research is to examine what kind of knowledge should be added to the elementary and secondary school geography curriculum, and which competencies should be targeted for development in order to facilitate a more effective adaptation to the everyday challenges caused by weather. Within the framework of a school experiment, the author demonstrates that the increased appearance of the systems approach in the curriculum related to weather, the demonstration of modern meteorological instruments, a more detailed discussion of weather hazards and related behaviour, and a practice-oriented and interest stimulating teaching of meteorological knowledge leads to positive changes in the understanding of atmospheric processes and the everyday use of meteorological information.

Bevezetés. A társadalom világszerte objektíve is egyre sérülékenyebb a természeti csapásokkal szemben, amelyek közel 90%-a meteorológiai eredetű (EEA, 2012). A kockázatok csökkentése érdekében felértékelődik az időjárási előrejelzések és veszélyjelzések tudatos használatának és helyes értelmezésének szerepe. De amíg az időjárás előrejelzésének tudománya folyamatosan fejlődik, addig az előrejelzésekben rejlő információk felhasználása a tapasztalat szerint világszerte nem eléggé hatékony (Dragovác és Bódog, 1985; H. Bóna, 1989; Petróczky és Buránszkiné, 2016; Stewart, 2006, 2009; Stewart et al., 2012; Peachey et al., 2013). Az előtérbe kerülő kockázatok, a gyors fejlődés, de a mindenkor fennmaradó bizonytalanság körülményei között a társadalom tagjainak ezt is tanulniuk kell. E tanulás az iskolai oktatás célirányos bővítését és pontosítását is igényli. Az ismeretátadás mellett szemléletformálásra is szükség van a meteorológiai információk hatékonyabb alkalmazásának eléréséhez. Bár az időjárással kapcsolatos tárgyi tudás különféle időjárási szakkönyvekből, ismeretterjesztő könyvekből, internetes forrásokból is összegyűjthető, mégis az ismeretek terjesztése és a szemléletformálás leghatékonyabban az iskolai oktatás keretein belül valósulhatna meg.

Célok, feladatok, módszerek. Kutatásomat az motiválta, hogy a tanulók az iskolai oktatás során olyan tudásra tegyenek szert, amelynek segítségével el tudnak igazodni az időjárási jelenségek és az időjárás előrejelzések világában, valamint képesek legyenek azok alkalmazására a saját mindennapi döntéseik során, majdan későbbi felnőtt életükben is. Céloom egy olyan tananyag összeállítás és kipróbálása volt, amely az eddig tapasztaltaknál eredményesebben segíti ezeket a törekvéseket. Mivel az időjárási ismeretekkel a természetismeret tantárgy keretében az 5. évfolyamon, a földrajz tantárgy keretében a 9. évfolyamon foglalkoznak a tanulók egymásra épülő, de külön-külön is lezárt ismeretrendszerre tagolható tantervi koncepció szerint, ezért kutatásom során e két tantárgy légkör és időjárás tárgyú tananyag részeit vizsgáltam

meg és fejlesztettem tovább. A több, egymásra épülő szakaszból álló munka feladatai és módszerei az alábbiakban foglalhatók össze:

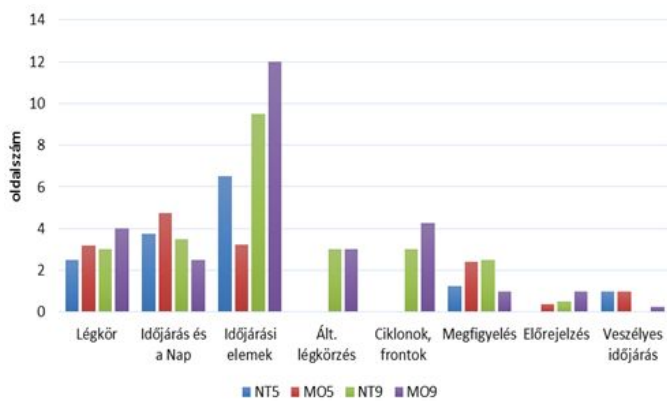
- Az első fázisában a Nemzeti alaptanterv és a kerettantervek időjárási ismeretekkel kapcsolatba hozható nevelési-fejlesztési céljainak és az előírt közműveltségi tartalmak tanulmányozását követően a természetismeret- és földrajz tankönyvek légkörrel foglalkozó fejezeteit elemeztem. A tankönyvelemzés során levont következtetések megerősítéséhez a könyveket használó tanárok véleményét is kikértem, kérdőív segítségével.
- A következő lépésben a tankönyvelemzésből levont tapasztalataim, valamint a megkérdezett tanárok véleménye alapján PowerPointos tananyagokat készítettem az 5. és a 9. évfolyam számára.
- Ezt követte a mérőeszközként használt kérdőívek és feladatlapok elkészítése és validálása.
- Az elkészített tananyag kipróbálása pedagógiai kísérlet keretében történt, amelyben 6 középiskola és 4 általános iskola vett részt. A változás kimutatásához előfelmerő és utófelmerő feladatlapokat, valamint attitűd kérdőívet használtam.
- A kérdőívek és a feladatok eredményeit Excel és SPSS programok segítségével dolgoztam fel. Különbözőségvizsgálattal az előfelmerés és az utófelmerés eredményei közötti különbséget, valamint a kontroll és kísérleti csoport eredményei közötti különbséget vizsgáltam, $p < 0,05$ -ös szignifikancia szinten.

A kutatás folyamata. Az alábbiakban a kutatás egyes lépéseinek legfontosabb mozzanatait és a kapott eredményeket ismertetem.

A tankönyvelemzés eredményei. Kutatásom kezdetén kerültek az iskolákba a 2012-es Nemzeti alaptanterv követelményei alapján átdolgozott új tankönyvek. Ezek a Nemzedékek Tudása és a Mozaik tankönyvkiadó alábbi tankönyvei voltak (1 táblázat).

1. táblázat: A vizsgálatba bevont tankönyvek

Kiadói kód	Jelölés	Cím	Szerzők
NT-11543	NT5	Természetismeret 5.	Hartdégenné Rieder Éva - Rugli Ilona - Csákány Antalné
NT-17133	NT9	Földrajz 9. - Fedezd fel a világot!	Nagy Balázs - Nemer-kényi Antal - Sárfalvi Béla - Ütöné Visi Judit
MS-2604U	MO5	Természetismeret 5. - Élő és élettelen környezetünk	Jámbor Gyuláné - Kissné Gera Ágnes - Vízvári Albertné
MS-2621U	MO9	Földrajz 9. - Kozmikus és természetföldrajzi környezetünk	Jónás Ilona - Dr. Kovács Lászlóné - Szöllősy László - Vízvári Albertné



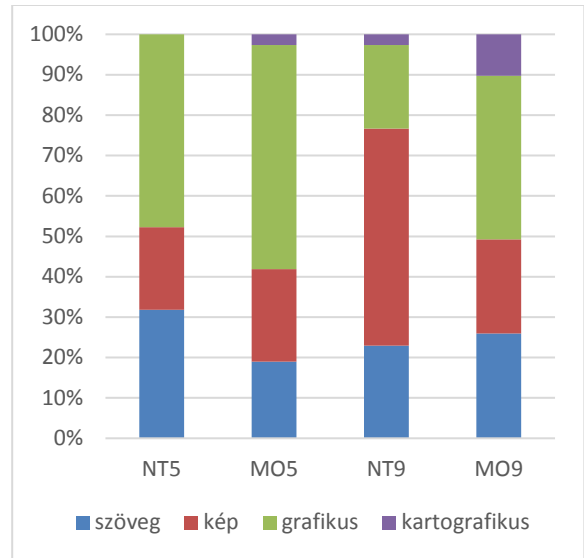
1. ábra: Az egyes időjárás témák terjedelme a tankönyvekben

A tankönyvek vizsgálatához a szakmai körökben elterjedt és elfogadott Dárdai-féle szempontrendszer (Dárdai, 2002) alkalmaztam. A rendszerben szaktudományi, pedagógiai-didaktika, nyelvi és könyvészeti szempontok szerepelnek, én az első kettőnek adtam prioritást. A módszer kvantitatív, kvalitatív és leíró elemeket egyaránt tartalmaz.

A kvantitatív elemzés során első lépésként az egyes témák terjedelmének arányát néztem meg a tankönyvben. Már itt kitűnt a tankönyvek egy nagy hiányossága, mégpedig az, hogy az időjárás előrejelzés és a veszélyes időjárás jelenségek tárgyalása a tankönyvekben mennyire alulreprezentált, egyes tankönyvek esetében pedig teljességgel hiányzik (1. ábra).

A struktúraelemek vizsgálatának egy fontos szempontja a didaktikai apparátus (képek, ábrák, térképek, az alapszöveg kívüli kérdések, feladatok) aránya. Szembetűnő, hogy a 9. osztályos Nemzedékek Tudása tankönyvben milyen sok a csupán esztétikai célokat szolgáló fénykép, a tananyag megértését könnyítő egyéb didaktikai elemek: magyarázó ábrák, kérdések, feladatok rovására (2. és 3. ábra).

A kvalitatív elemzésnél főként szaktudományi és pedagógiai-didaktikai szempontok szerint vizsgáltam a tankönyveket. Szaktudományi szempontból a szakmai hitelességet, a logikai láncok meglétét, a hiányzó, de fontos ismereteket néztem. Pedagógiai-didaktikai szempontból azt vizsgáltam, hogy mennyire járul hozzá a tananyag a NAT-ban és a kerettantervekben megjelölt nevelési-fejlesztési célokhoz. A mások fontos szempont az alkal-



2. ábra: A didaktikai apparátus egyes elemeinek aránya a vizsgált tankönyvekben



3. ábra: Részlet az NT_9 tankönyv „csapadék” fejezetéből

mazott módszerek, eszközök sokoldalúsága volt. A tematikus elemzés eredményeinek részleteire terjedelmi okokból nem tudok kitérni, csupán megállapításaimat összegzem. Bár a NAT és a kerettantervek alkotói célul tűzték ki, hogy a tanulók rendszerszemléletű, az oksági kapcsolatokra rámutató, gyakorlatorientált ismeretekhez jussanak, a jelenlegi természetismeret- és földrajz tankönyvek tananyagai ezeknek a céloknak nem tesznek eleget. Ahhoz, hogy a légkör egy teljes és logikus rendszerré álljon össze a tanulók fejében, nagyobb hangsúlyt kell fordítani a légköri folyamatokat irányító belső kapcsolatok ok-okozati feltárása mellett az egyes folyamatok

és elemek közötti kölcsönhatásokra is. Ezért esetenként szükséges a tárgyalási sorrend megváltoztatása is. Az a tény, hogy a gyerekek először a ciklonokról, frontokról tanulnak és csak ezt követi az általános légkörzés ismeretése, nagyban nehezíti a légkör, mint rendszer folyamatainak megértését, annak a logikai láncnak a kialakulását, amely a földfelszín eltérő felmelegedésétől az általános cirkuláció kialakulásán át az aktuális időjárásig vezet. Nem segítik a megértést a hibás ábrák, szakmailag helytelen leírások sem, amelyek a szakmai lektorálás hiányát jelzik. Az időjáráshoz való alkalmazkodásra, a szélsőséges időjárási helyzetek kezelésére irányuló kompetenciák megfelelő fejlesztéséhez a vonatkozó tananyagok kiegészítésére van szükség. A kiegészítés során különös hangsúllyal kell kezelni az időjárási veszélyek, az ilyen helyzetekben való viselkedés tárgyalását, de a meteorológiai információk hatékony alkalmazása érdekében az időjárás megfigyelése és előrejelzése területén is szükséges az ismeretek bővítése. Rá kellene nevelni a diákokat a folyamatos informálódás igényére, rámutatva ennek a saját mindennapi életüket is érintő gyakorlati hasznára. Ehhez segítséget kell nyújtani a megfelelő, pontos és hiteles információforrások kiválasztásához, mert ezen a területen sajnos sok a megtévesztő, áltudományos forrás. Végezetül a légkör a természet csodáinak egyik tárháza. Tele van rejtélyekkel, amelyek megfejtése motivációként is szolgálhat a többi, unalmasabbnak tűnő ismeret elsajátításához. A képet árnyalja, hogy az ismertett kísérlet időpontját követő, 2015/16-os tanévben megjelentek az Oktatókutató és Fejlesztő Intézet (OFI) új, kísérleti tankönyvei, amelyekben több pozitív változást tapasztaltam. A veszélyes időjárási jelenségek feldolgozása mennyiségileg és minőségileg is lényegesen javult, nagyszámú érdekes projektfeladat segíti a tanulókat a tananyag feldolgozásában, de ezeknél a tankönyveknél is hiányolom a rendszerszemléletet, az oksági kapcsolatok bemutatását, valamint az időjárási információk mindennapi használatát elősegítő ismereteket, feladatokat. A szubjektivitás mérséklése érdekében a tankönyveket használó tanárok véleményét is kikértem, kérdőívvel felmérés segítségével. A tartalmi megfelelőséget vizsgáló kérdések kapcsán a kitöltők 73%-a volt azon a véleményen, hogy a tananyagban szükséges lenne a témabővítés. Anélkül, hogy a kérdőívben utalást tettem volna arra, hogy én mely témák feldolgozását hiányolom, a tanárok is legnagyobb számban a szélsőséges időjárási jelenségeket és a kapcsolódó viselkedésmintákat, valamint az időjárás-előrejelzések értelmezését és gyakorlati alkalmazását nevezték meg, mint hiányolt tananyagrészt. A könyvek didaktikai apparátusának megítélésénél a tanárok azon a véleményen voltak, hogy a tankönyvek törekednek az összefüggések bemutatására. Szakmai véleményem szerint ez a kijelentés csak a közvetlen oksági kapcsolatokra vonatkozik. A légkör, mint rendszer folyamatait összefűző logikai lánc ugyanis egyértelműen hiányzik a könyvekből. Viszont a tanárok véleménye is alátámasztja azt a megállapítást, hogy sok esetben a képek, ábrák csak esetlegesen, nem a megértést szolgálják. Tanulságos az arra a kérdésre adott válasz is, hogy a tanulók felismerik-e a természetben az időjárási jelenségeket? A tanárok kétharmada nemleges választ adott, egyharmaduk tapasztalata

talata ennél kicsit pozitívabb volt, miszerint tapasztalat, érdeklődés, családi háttér függvényében bizonyos jelenségeket felismernek.

A tananyag elkészítése. Kutatásom következő fázisában a tankönyvelemzésből levont tapasztalatok, valamint a megkérdezett tanárok véleménye alapján kísérleti tananyagokat készítettem az 5. és a 9. évfolyam számára. A tananyag megtervezésekor először megfogalmaztam a téma tanításának főbb céljait, feladatait, amelyek az alábbiakban foglalhatók össze:

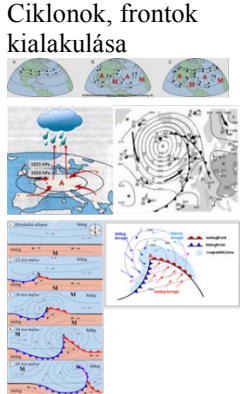
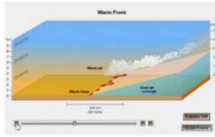
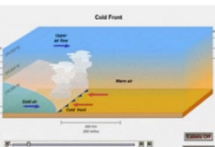
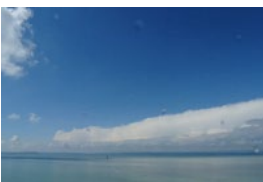

- A lexikális ismeretek bővítése. Az időjárással kapcsolatos alapfogalmak elsajátítása.
- A légköri folyamatok közötti összefüggések, ok-okozati kapcsolatok felismerése, megértése.
- A tanult ismeretek alkalmazása. Az időjárás változásainak felismerése a természetben.
- A veszélyes időjárási jelenségek idején követendő magatartás-minták elsajátítása.
- Tájékozottság a meteorológia korszerű eszközeiről, módszereiről, az előrejelzés lehetőségeiről.
- A rendszeres és megfelelő forrásból való tájékozódás igényének kialakítása.
- A motiváció növelése.

Ezt követte a témakörök meghatározása. Az új tananyag témakörökre bontása sok mindenben követi a hagyományos tananyag tárgyalását, de külön fejezetet szenteltem a veszélyes időjárási jelenségeknek, valamint az időjárás megfigyelése, előrejelzése és tájékozódás kérdéskörnek. Ezen kívül logikai okokból megcseréltem a ciklonok, anticiklonok, frontok és az általános légkörzés tárgyalását. Sajnos a rendelkezésre álló szűk órakeret miatt a légkör szerkezete és az időjárási elemek tárgyalása során némi rövidítésre, összevonásra is kényszerültem, hogy az általam fontosnak tartott új elemeket a tananyagba be tudjam építeni. Végeredményben az alábbi témakörökre bontottam a tananyagot: I. A légkör összetevői, szerkezete. II. A levegő felmelegedésének folyamata. A hőmérséklet változása. III. A légnyomás és a szél. IV. A felhő- és csapadékképződés folyamata. V. A nagy földi légkörzés kialakulása (csak 9. osztály). VI. Légköri képződmények: ciklonok, anticiklonok, frontok (csak 9. oszt.). VII. Veszélyes időjárási jelenségek. VIII. Az időjárás megfigyelése és előrejelzése. Tájékozódás.

A szakirodalomban a tananyagfejlesztés összetett és bonyolult feladatának általában két irányból történő megközelítésével találkozunk, az oktatás-tanulás, valamint a fejlesztés-gyártás szempontú megközelítéssel. Az oktatás-tanulás szempontú megközelítés a pszichológiai folyamatokra és a személyiség fejlődésére épít. A legelterjedtebben használt ilyen rendszert Bloom *et al.* (1956) állították össze, amelynek módosított, 21. századra adaptált, hierarchikus ismeret és képesség jellegű szintjeit használtam az elsajátítás szintjének meghatározásánál a tananyagfejlesztés során. Végül kialakítottam a tananyag célrendszer mátrixát, azaz az egyes témákhoz hozzárendeltem a célokat és az elsajátítás szintjét.

A tananyag elkészítésekor új tankönyvfejezetek írását nem tartottam célszerűnek, hiszen az a jelenlegihez hasonlóan csak papírra vetett ismereteket tartalmazna, nem

2. táblázat: A Léggöri képződmények: ciklonok, anticiklonok, frontok témakör feldolgozásához használt eszközök és módszerek

		Léggöri képződmények: ciklonok, anticiklonok, frontok.				
		Munkafüzet	Ábrák	Animáció	Videó	Egyéb
T A N E S Z K Ö Z Ö K	A témához kapcsolódó anyagok feldolgozása	<p>Ciklonok, frontok kialakulása</p>  <p>forrás: internet</p>	<p>Frontok mozgása, felhőzete</p>   <p>forrás: internet</p>	<p>Átvonuló hidegfront felhőzete</p>  <p>forrás: OMSZ</p>	Kísérleti, demonstrációs eszközök	
	M Ó D S Z E R E K	Ismeret átadás	<p>Kísérlet</p> <p>Időjárási front kialakulása</p>  <p>forrás: Farsang (2009)</p>	<p>Megfigyelés</p> <p>Milyen időjárás kapcsolódik</p> <ul style="list-style-type: none"> - a ciklonhoz - az anticiklonhoz <p>Az időjárás változásának megfigyelése</p> <ul style="list-style-type: none"> - hidegfront és - melegfront átvonulásokor 	<p>Projekt munka</p> <p>Hidegfront átvonulásának nyomon követése:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Az időjárási paraméterek változásának megfigyelése az ország három pontján (nyugat, közép, kelet). - Felhőzet változásának rögzítése webkamerán és kiértékelése. - Front nyomon követése műhold képen, radar képen. - Kiértékelés, előadás készítése 	

nyújtana segítséget a célok eléréséhez fontos vizuális élmények átadásában. Így CD-re másolt, a fent ismertett tematikát követő PowerPoint előadások formájában készült el a tananyag, ami a kidolgozott szövegeken kívül alkalmas a sok ábra, animáció és video bemutatására is. Az animációk elsősorban a léggöriben lezajló mozgások megértésénél jelentettek nagy segítséget, a videók pedig az időjárási folyamatok bemutatásában. Hiszen nem valószínű, hogy a tananyag feldolgozásakor (ez a tanterv szerint december, január hónapokra esett) a diákok pont egy zivatarfelhő kialakulásának lehetnek szemtanúi, de jó szolgálatot tettek a videók pl. a frontok felhőrendszerének, vagy egyes veszélyes időjárási események bemutatásánál is. Mindemellett az érdeklődést is jobban felkeltik, mint a papírra nyomtatott képi anyagok. Tankönyv híján arra törekedtem, hogy az egyes diákon lévő szövegek rövid, de értelmes, kerek mondatokkal megfogalmazott egységek legyenek. A tankönyv hiánya a kísérletben részt vevő tanárok elmondása szerint nem okozott gondot, az iskolák és a diákok kellő kreativitással megoldották, hogy a digitális tananyagot az iskola honlapján, vagy közösségi oldalak segítségével egymás között megosszák. Emellett minden iskola számára elküldtem papíron az előadások színes kinyomtatott anyagát, amit a diákok munkafüzetként jegyzetelésre is felhasználhattak. Az oktatáshoz szükséges taneszközök között még a kísérletek bemutatásához szükséges eszközöket és a megfigyelésekhez használt meteorológiai műszereket kell felsorolni. Amelyik iskolában esetleg nem volt lehetőség egy-egy kísérlet bemutatására, helyette a videóra

felvett kísérletet lehetett megnézni. Ahol pedig nem álltak rendelkezésre meteorológiai műszerek, az sem volt akadály, hiszen a tananyag részletes leírást is közölt arról, hogyan lehet olcsón, újrahasznosított anyagokból elkészíteni azokat. Az alkalmazott módszerek közül a hagyományos ismeretátadás mellett nagy szerepet kapott a kísérletezés, a természetben való megfigyelések és a különféle projektfeladatok. A feladatokat részint az e témában fellelhető szakirodalomból (*Merényi, Szabó és Takács 2005; Farsang, 2009; Makádi, 2013*), részint saját ötlettárból merítettem (*Buránszkiné, 2016.*). Sajnos a tananyagot e tanulmány keretében nincs mód bemutatni, de egy általam kiemelt 9. évfolyamos témakör esetében felvázolom a témakör feldolgozásához használt taneszközöket, módszereket (2. táblázat).

Az iskolai kísérlet lebonyolítása. A kísérleti tananyag kipróbálásában 6 középiskola és 4 általános iskola vett részt, a minta elég jól reprezentálta az oktatási intézményeket, a fővárosi elit gimnáziumtól a vidéki kis iskoláig. Olyan hasonló képességű párhuzamos osztályokra volt szükség, ahol a természetismeret, illetve földrajz tantárgyat mindegyik osztályban ugyanaz a tanár tanította, hogy a tanár személyétől való függést a kísérletből kizárhassam. Emellett feltétel volt az is, hogy a tanár mindkét osztállyal ugyanakkora időráfordítással foglalkozzon. Az egyik osztály, a kontroll csoport a hagyományos tananyagot, a másik osztály, a kísérleti csoport pedig a kísérleti anyagot tanulta.

A kísérlet lebonyolítása az alábbi sémával szemléltethető:

Kontroll csoport: előfelmérés – tanítás – utófelmérés -> változás



Kísérleti csoport: előfelmérés – tanítás – utófelmérés -> változás

A tanítás kezdetén és végén mindkét csoport attitűd kérdőívet és feladatlapot töltött ki a tárgybeli ismeretek és az időjáráshoz, időjárási információkhoz való viszonyulás, érdeklődés felméréséhez. Ezek segítségével vizsgálni tudtam a különbséget a kontroll csoport és a kísérleti csoport között a tanítás kezdetén és végén, valamint vizsgálni tudtam a változást mind a kontroll, mind a kísérleti csoport esetében.

A kérdőív segítségével az attitűd változást kívántam mérni, vagyis azt, hogy a tanítás során mennyire változott meg a tanulóknak az időjárási jelenségek és a tananyag iránt mutatott érdeklődése, valamint tájékozottságuk, informálódási igényeik és szokásaik. A tudás és a kompetenciák mérésére feladatlapokat szerkesztettem. Az előfelmérésre használt feladatlap az 5. évfolyamon az

alsó tagozatban megszerzett ismeretekre, a 9. évfolyamban pedig az 5. osztályban megszerzett ismeretekre épült. Az utófelmérésre szolgáló feladatlapok természetesen az újonnan megszerzett tudás és kompetenciák mérésére szolgáltak. A feladatlapon szerepeltek a tanult ismeretek alkalmazásának képességére, az ok-okozati kapcsolatok felismerésére, az időjárási veszélyek esetén követendő magatartási szabályokra és a meteorológia eszközeinek, módszereinek ismeretére vonatkozó kérdések.

A minta nagysága az alábbiak szerint alakult:

Középiskolák:

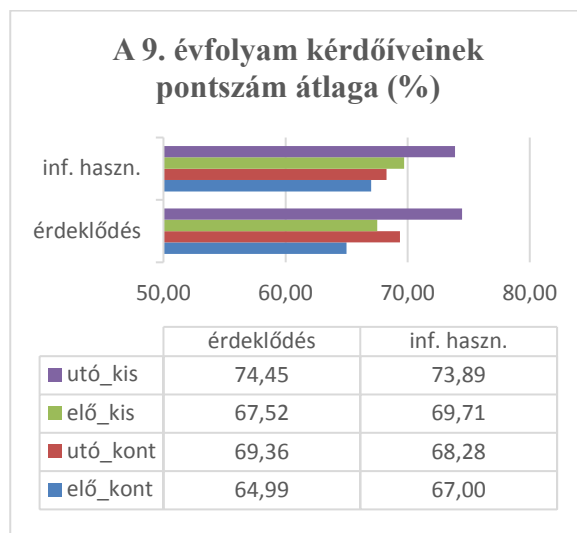
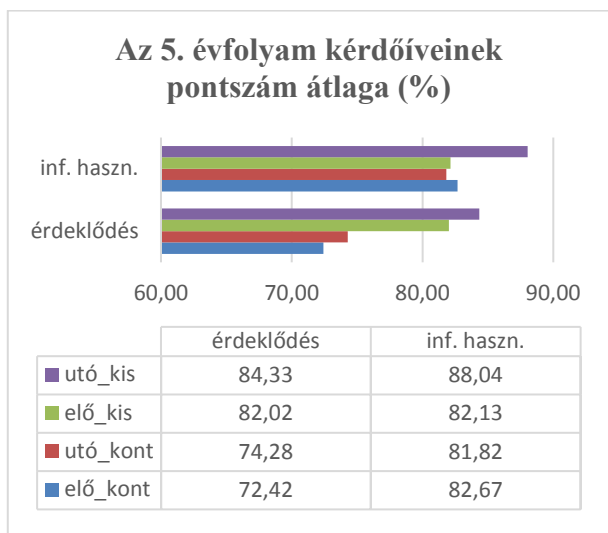
Kontroll csoport: előfelmérés: 144 fő, utófelmérés: 157 fő, közös rész: 131 fő

Kísérleti csoport: előfelmérés: 157 fő, utófelmérés: 163 fő, közös rész: 137 fő

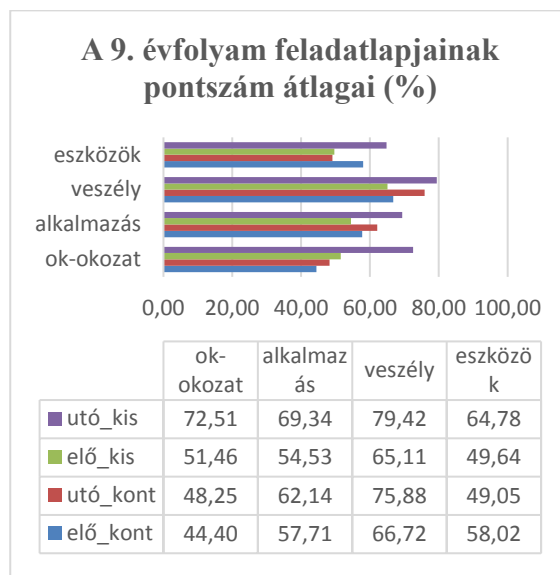
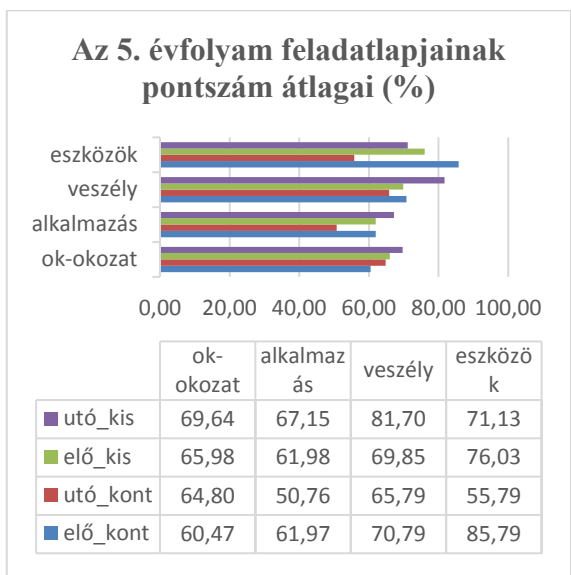
Általános iskolák:

Kontroll csoport: előfelmérés: 98 fő, utófelmérés: 103 fő, közös rész: 95 fő

Kísérleti csoport: előfelmérés: 99 fő, utófelmérés: 105 fő, közös rész: 97 fő



4. ábra: A kísérleti és kontroll csoportok kérdőíves felmérés során elért pontszám átlagai az előfelmérés és az utófelmérés során



5. ábra: A kísérleti és kontroll csoportok tudásmérő teszten elért pontszám átlagai az előfelmérés és az utófelmérés során

Az eredmények feldolgozása. Az adatok értékeléséhez Excel és SPSS programot használtam. A feladat különbözőségvizsgálat volt, ennek mind az egymintás, mind a kétmintás esete, attól függően, hogy az egyes csoportok előfelmérés és utófelmérés eredményei közötti különbséget, vagy a kontroll és kísérleti csoport eredményei közötti különbséget vizsgáltam. Mivel a Kolmogorov-

szinten elvégzett szignifikancia vizsgálat eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

A kiértékelés eredményei az 5. osztályban szignifikáns javulást mutattak ki a kísérleti csoportnál mind az érdeklődés, mind a tudatos információ használat esetében, míg a kontroll csoport esetében nem volt kimutatható a változás. A 9. osztályosoknál az érdeklődés esetében mindkét

3. táblázat: Az érdeklődés és az információ használat esetében a különbségek szignifikancia vizsgálatának eredményei

Csoport/Felmérés	5. évfolyam		9. évfolyam	
	Nagyobb pontértékű	Szignifikáns a különbség?	Nagyobb pontértékű	Szignifikáns a különbség?
Előfelmérés kísérleti_kontroll csoport				
érdeklődés	kísérleti	igen	kísérleti	nem
információ használat	kontroll	nem	kísérleti	nem
Utófelmérés kísérleti_kontroll csoport				
érdeklődés	kísérleti	igen	kísérleti	igen
információ használat	kísérleti	igen	kísérleti	igen
Kontroll csoport előfelmérés_ utófelmérés				
érdeklődés	utó	nem	utó	igen
információ használat	elő	nem	utó	nem
Kísérleti csoport előfelmérés_ utófelmérés				
érdeklődés	utó	igen	utó	igen
információ használat	utó	igen	utó	igen

4. táblázat: A tudásmérő teszttel mért faktoroknál a különbségek szignifikancia vizsgálatának eredményei

Csoport/Felmérés	5. évfolyam		9. évfolyam	
	Nagyobb pontértékű	Szignifikáns a különbség?	Nagyobb pontértékű	Szignifikáns a különbség?
Előfelmérés kísérleti_kontroll csoport				
ok-okozat	kísérleti	nem	kísérleti	igen
alkalmazás	kísérleti	nem	kontroll	nem
veszély	kontroll	nem	kontroll	nem
eszközök	kontroll	igen	kontroll	igen
Utófelmérés kísérleti_kontroll csoport				
ok-okozat	kísérleti	nem	kísérleti	igen
alkalmazás	kísérleti	igen	kísérleti	igen
veszély	kísérleti	igen	kísérleti	nem
eszközök	kísérleti	igen	kísérleti	igen
Kontroll csoport előfelmérés_ utófelmérés				
ok-okozat	utó	nem	utó	nem
alkalmazás	elő	igen	utó	igen
veszély	elő	nem	utó	igen
eszközök	elő	igen	elő	igen
Kísérleti csoport előfelmérés_ utófelmérés				
ok-okozat	utó	nem	utó	igen
alkalmazás	utó	igen	utó	igen
veszély	utó	igen	utó	igen
eszközök	elő	igen	utó	igen

Smirnov próba alkalmazásával az esetek többségében az összpontszámok nem adódtak normális eloszlásúnak, ezért a különbség vizsgálatoknál leggyakrabban alkalmazott egymintás és kétmintás t-próba helyett nemparaméteres próbát, egymintás esetben Wilcoxon próbát, kétmintás esetben Man-Whitney próbát alkalmaztam. A kérdőívek esetében a százaléokban kifejezett pontszám átlagok alakulását a 4. ábra, a $p < 0,05$ -ös szignifikancia

csoportnál szignifikáns javulás adódott, de ez a javulás a kísérleti csoportnál nagyobb mértékű volt. A tudatos információ használat esetében a kísérleti csoportnál igazolni tudtam a szignifikáns javulást, míg a kontroll csoportnál nem lehetett változást kimutatni.

A tudásmérő feladatlapok esetében az egyes faktorokra kapott pontszám átlagokat az 5. ábra, a különbségek szignifikancia vizsgálatának eredményeit a 4. táblázat

tartalmazza. A feladatlapok segítségével mért négy faktor esetében az 5. osztályosoknál az ok-okozati kapcsolatok megláttatásában nem tudtam eredményt kimutatni a kísérleti csoportnál, és a kontroll csoportnál sem volt változás. Ez az eredmény véleményem szerint azt mutatja, hogy a 10 éves korosztály természettudományos háttérismerete még nem elég stabil ahhoz, hogy arra építve a légkör fizikai folyamatokon alapuló változásait logikusan le lehessen vezetni.

Az ismeretek alkalmazásának képességét vizsgálva a kísérleti csoport esetében szignifikáns javulást tapasztaltam, míg a kontroll csoport hasonló eredményei romlottak. Az időjárás veszélyek és magatartás-minták ismereténél a kísérleti csoport eredménye szignifikánsan javult, míg a kontroll csoportnál nem volt változás. Külön magyarázatot igényel a meteorológiai eszközök ismerete: itt az utómérő feladatlap kérdései nehezebbnek bizonyultak az előmérő feladatlap kérdéseivel képest, különösen egy, a meteorológiai műholdakra rákérdező feladat esetében, amelyet a tanulók csak nagyon alacsony arányban tudtak megoldani. Emiatt mindkét csoport teljesítménye romlott, de a kontroll csoportnál lényegesen nagyobb arányú volt ez a romlás. Amíg az 5. osztályosoknál az ok-okozati kapcsolatok megláttatásánál nem tudtam eredményt elérni, addig a 9. osztályosoknál itt mutatható ki a legnagyobb javulás a kísérleti csoportnál. A hagyományos tananyag nem volt eredményes ezen a területen. Ez is igazolja, hogy kellő háttértudás esetében sokkal eredményesebb a tanulás az összefüggések ismeretének birtokában, mint a tankönyvi szöveg egyszerű memorizálásával (magolással). A tanultak gyakorlati alkalmazásánál mindkét csoportnál szignifikáns a javulás, de a kísérleti csoportnál nagyobb mértékű, és ugyanez a helyzet az időjárás veszélyek esetében is. A meteorológiai eszközök ismereténél a kísérleti csoportban jelentős javulás tapasztalható, míg a kontroll csoport eredménye romlott.

Az eredmények összegzése, további tervek. A kutatás során beigazolódtott, hogy az 5. évfolyam és a 9. évfolyam számára olyan időjárás ismereteket tartalmazó tananyagot sikerült fejleszteni, ami a hagyományos tankönyveknél több segítséget ad az összefüggések megértéséhez, a meteorológia korszerű eszközeinek és módszereinek megismeréséhez, az időjárás jelenségek felismeréséhez, az előrejelzések és veszélyjelzések értelmezéséhez, a kockázatokat mérséklő döntések meghozatalához. E tananyag jobban felkelti a téma iránt a tanulók érdeklődését és hatékonyabban segíti az időjárás információk felhasználására irányuló attitűd kialakulását. A tananyag pozitív pedagógiai hatásának igazolását követően két célt fogalmaztam meg. Egyik a minél szélesebb körben való közzététel, annak érdekében, hogy a tanárok más iskolában is fel tudják használni, akár a természetismeret és földrajz órák keretében, akár a tanórán kívüli iskolai foglalkozásokon: szakkörökön, erdei iskolában, kirándu-

lások alkalmával. A másik cél a tananyag további tökéletesítése, egyes témakörök még részletesebb kidolgozása további színes, érdekes ismeretanyaggal, az ismeretek rögzülését elősegítő kérdésekkel, feladatokkal, kísérletekkel, projekt feladatokkal. Az első cél elérésével kapcsolatban már megvalósult eredmény, hogy a 9. osztály számára készített kísérleti tananyagra alapozva közreműködéssel átdolgozásra került az OFI 9. osztályos Földrajz könyvének „Légkör” fejezete.

Továbbra is cél marad a digitális tananyag tökéletesítése, bővítése és elektronikus úton való terjesztése a szélesebb körű felhasználás érdekében. Érdekes kísérlet lenne továbbá az időjárás ismeretek feldolgozása más tantárgyak (fizika, kémia) keretében is.

Irodalom

- Bloom, B. S., 1956: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain. *New York*. David McKay Co Inc.
- Buránszkiné Sallai M., 2016: Időjárás ismeretek tanítása konstruktivista pedagógiai szemléletben. *EDU Szakképzés- és Környezetpedagógia Elektronikus szakfolyóirat* 6(1), 24–32. ISSN: 2062-3763
- Dárdai, Á. 2002: A tankönyvkutatás alapjai. *Dialóg Campus Kiadó*, Budapest-Pécs. pp. 156
- Dragovác, M. és Bódog, J., 1986: Jó-e a hazai meteorológiai ismeretterjesztés? *Légkör* 31(1), 32–34.
- EEA, 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. *European Environment Agency*, Copenhagen. p. 229
- Farsang, A., 2009: Korszerű módszerek a földrajzoktatásban. TÁMOP-4.1.2-08/1/B-2009-0005 *Mentor(h)áló Projekt*, Szeged
- H. Bóna, M., 1989: Közvéleménykutatás az időjárás-jelentésről. *Légkör* 34(1), 27–28.
- Makádi, M. (szerk.), 2013: Tanulási-tanítási technikák a földrajz tanításban. *Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet*, Budapest. pp. 328
- Merényi, Á., Szabó, V. és Takács, A. (szerk.), 2005: *101 ötlet innovatív tanároknak. Jedlik Oktatási Stúdió*, Budapest <http://jos.hu/Konyv/0013/index.html>
- Peachey, J. A., Schultz, D. M., Morss, R. E., Roebber, P. J., and Wood, R., 2013: How forecasts expressing uncertainty are perceived by UK students. *Weather*, 68, 176–181.
- Petróczky, H. és Buránszkiné Sallai, M., 2016: Időjárás előrejelzések és riasztások értelmezése és megjelenése a mindennapi életben. *Légkör* 61, 112–121.
- Stewart, A. E. (2006): Assessing human dimensions of weather and climate: A further examination of weather salience. Preprints, *AMS Forum: Environmental Risk and Impacts on Society: Successes and Challenges*, Atlanta, GA, Amer. Meteor. Soc., 1.6. http://ams.confex.com/ams/Annual2006/techprogram/paper_101916.htm
- Stewart, A. E., 2009: Minding the Weather. The Measurement of Weather Salience. *Bulletin of American Meteorological Society*. 90, 1833–1841.
- Stewart, A. E., Lazo, J. K., Morss, R. E. and Demuth, J. L., 2012: The Relationship of Weather Salience with the Perceptions and Uses of Weather Information in a Nationwide Sample of the United States. *Weather, Climate, and Society* 4, 172–189.

A 2018. ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSI SZÉZONRÓL

STORM WARNING SEASON AT LAKE BALATON AND VELENCE IN 2018

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter

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

Összefoglalás. Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden évben viharjelző szolgálatot lát el a Balatonon és a Velencei-tavon a vízen tartózkodók biztonsága érdekében. A viharjelzési szezon április 1-je és október 30-a között tart. Ez a jelentés a 84. viharjelzési szezonról számol be, a Siófoki Obszervatóriumból kiadott viharjelzéseket és a szezon időjárás eseményeit tekinti át.

Abstract. At Lake Balaton and Velence there is a storm warning service operated by Hungarian Meteorological Service. This was the 84th storm warning season. The storm warning service located in Siófok Observatory is responsible for the safety of people at both lakes. If strong or stormy wind expected, storm warnings are issued on first or second level. Duration of the storm warning season is seven months: from 1st April until 30th October. This paper is about the eventful weather of the season.

Bevezetés. Október végével lezárult a 84. viharjelzési szezon a Balatonnál és a Velencei-tónál. Az átlagosnál melegebb, összességében csapadékosabb (záporokban, zivatarokban gazdag) és gyengébben szeles időszak áll mögöttünk. A 2005-től már hét hónapig tartó viharjelzési szezonok közül 2018 lett a legrövidebb fenntartási idejű a Balaton középső és keleti medencéjében, valamint a Velencei-tónál is, köszönhetően elsősorban az augusztusi, majd az őszi csendesebb időjárásnak. A szezon befejeztével november első felében is folytatódott az évszakhoz képest meleg idő rövidebb szeles időszakokkal, melyet a horgászok és néhány vitorlázó is még feltehetőleg örömmel használt ki. A Tisza-tónál az OMSZ tavi viharjelző osztályának munkatársai ugyancsak október 31-ig biztosították a biztonságos sportolási és kikapcsolódási tevékenységeket. A viharjelzési és előrejelzési feladatok ellátásába két nemrégiben végzett meteorológus is bekapcsolódott. Tavaink időjárásáról az érdeklődők az OMSZ honlapján, a folyamatosan frissülő oldalról, www.met.hu/idojaras/tavaink, kaphattak részletes információt, vagy követhették a viharjelzést és az időjárás helyzetet az ingyenesen letölthető OMSZ *Meteora* mobil alkalmazás segítségével.

Összefoglaló a viharjelzési szezon időjárásáról. A viharjelzési szezon **április** 1-jén, húsvétvasárnap igen szeles, hűvös idővel indult. Európa belsejében egy nagy kiterjedésű ciklon helyezkedett el, amelynek hátoldalán viharossá fokozódott az északnyugati szél. A ciklon hűvéthétfőre elhagyta a Kárpát-medencét, nyomában mérséklődött a légmozgás és egyre inkább anticiklonális hatások jutottak érvényre: naposabbra fordult az idő, átmenetileg megnyugodott a légkör. Kora tavasszal e makroszinoptikai helyzet sajátossága, hogy a reggeli órákban köd képződhet. Mindezt április 8-án még megtapasztalhattuk, amikor is a siófoki állomás a késő délelőtti órákig tartóan ködbe burkolózott, majd október végéig búcsút mondhattunk a ködös időnek. A hűvös hónapkezdés után gyorsan melegedésnek indult az idő és április első két napját leszámítva egész hónapban átlag feletti hőmérsékleti értékeket mérhettünk. A melegedést időnként hidegfront-átvonulások törték meg, ezek azon-

ban visszaesést kevésbé, annál inkább nagyobb szelet és hullámokat okoztak a Balatonnál. Április az átlagnál jóval szárazabbnak bizonyult. A hónap első felében átvonuló frontokhoz számottevő csapadék nem társult (nyom–1 mm). Végül ezt a szárazabb periódust egy hidegfront szakította meg április 12-én. Ekkor is csupán kisebb locsolásra elegendő mennyiség (~10 mm) gyűlt össze a tó környezetében. A szezonban ezen a napon dörrent meg először az ég, így ez tekinthető az első zivataros helyzetnek. A hónap közepén egy mediterrán ciklon szállított nedvesebb légtömegeket a Kárpát-medencébe csendes eső formájában. A folytatásban is mindinkább a szárazság volt a meghatározó, egy-egy frontátvonulás hozott csak némi felüdülést a földeknek a hónap végén.

Május elején is már nyári napnak megfelelő hőmérsékleti értékeket mérhettünk a Balaton partján. A nappali csúcserték többfelé meghaladta a 25 fokot és ez az átlagosnál melegebb idő kitarított az egész hónapban. A május konvekciókban is igen gazdag volt, napról napra intenzív gomolyfelhő-képződést tapasztalhattunk (1. ábra). A hónap elején egy Földközi-tenger térségében örvénylő ciklon előoldalán meleg, de labilis légállapotú levegő áramlott a Kárpát-medencébe, s ez kedvező táptalajt biztosított a konvekciónak. Időközben a skandináv térségben egy anticiklon erősödött meg, melynek déli peremén hűvösebb levegő érkezett hozzánk, így átmenetileg szárazabbra fordult az időjárás. Mindez azonban csak néhány napig tartott, ugyanis keleten egy magassági hidegcsepp tűnt fel, mely hazánk felett ismét csak labilizálta a légkört, így a hónap közepéig mindennaposá váltak a záporos, zivataros helyzetek. Zivatarokhoz köthetően olykor lokálisan nagyobb mennyiségű csapadék is lehullott. A hónap derekán egy magassági hidegörvény és a hozzá kapcsolódó sekély ciklon hozott esős napokat, helyenként pár nap leforgása alatt 20 mm-t meghaladó csapadék gyűlt össze. Az erősen felhős, csapadékos időjárás következtében a hőmérséklet is kissé visszaesett, de még mindig a májusi átlag közelében alakult. A hónap második felét izobárikus mocsárhelyzet jellemezte, ami szintén kedvezően hatott a zivatarokképződésre. A nappali felmelegedés mértéke mindeközben fokozatosan nőtt, a

hónap utolsó napján a maximumhőmérséklet már elérte a 30–31 fokot és a Balaton is 23 fokig melegeedett.

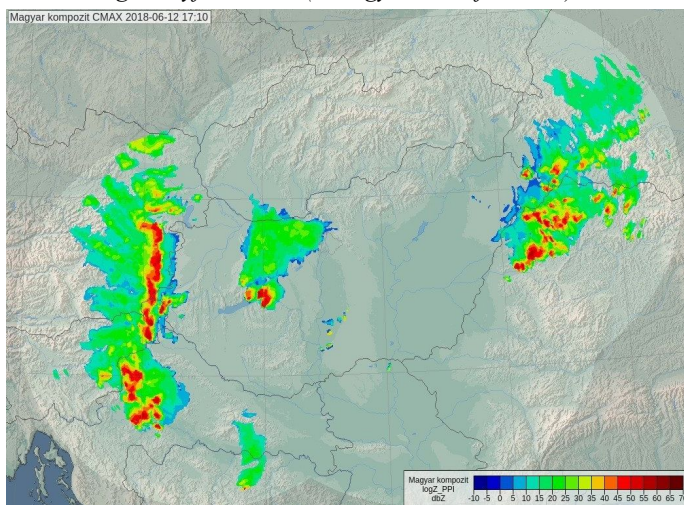
Míg június elején Európa északi részén, valamint az Atlanti-óceán térségében igencsak aktív volt a légkör, hazánkat elkerülték a markáns légköri frontok, jellegtelen nyomási mező rajzolódott ki. Az időjárás jellegében számottevő változás nem következett be, továbbra is meleg, labilis állapotú levegő töltötte ki a Kárpát-medencét. A napos időt gyakran a kora délutáni órákban magasba törő gomolyfelhők zavarták meg, melyekből a délután folyamán sokszor estébe, éjszakába nyúlóan záporok, zivatarok alakultak ki a Balaton körül és a zivataros góckhoz helyenként jelentős mennyiségű csapadék



1. ábra: Jellemző májusi égbé a Balatonról a fejlődő gomolyfelhőkkel. (Szilágyi Eszter felvétele)



2. ábra: 2018.06.12. Szántódtól délre kifejlődött szupercella közeledik Siófok felé. (Szilágyi Eszter felvétele)



3. ábra: 2018.06.12. 17:10 UTC Magyar kompozit radarkép. Szupercella a keleti medencénél.



4. ábra: 2018.07.27. kora délután. Látványos zivatarfelhő üllővel a Balaton északi partján. (Horváth Ákos felvétele)

is társult. Az átlagosnál gyengébben szeles szezonban mindössze 2 erős vihar érte el a tavat és mindkettő zivatarokhoz köthető. A szezon legnagyobb vihara június 8-án, Medárd napján csapott le a Balatonra. Kialakulása nem egy klasszikus instabilitási helyzethez köthető, ugyanis a frontok továbbra is távol maradtak az országtól. A szinoptikus helyzetet egy mediterrán ciklon alakította. A ciklon előoldalán vonalba rendezve meleg, nedves légtömegeket szállított, ezáltal a kifejlődő cellák energiája is egy vonal mentén összpontosult. A zivatarok kialakulásának továbbá kedvezett a helyi zivatarok által felhalmozott nedvesség. A mediterrán ciklonhoz kapcsolódó *jet* fokozta a szélnyírást, ami tovább támogatta a zivatarfejlődést. Ennek eredményeként az esti órákban egy heves zivatarlánc felhőszakadás, jégeső, intenzív

villámtevékenység és viharos erejű szellőkések kíséretében vonult át a Balatonon. A vihar kidőlt fákat hagyott maga után, fennakadásokat okozott a közlekedésben és többfelé szünetelt az áramszolgáltatás is. A *squall line* átvonulása során több parti mérőállomáson 80 kmh^{-1} -t meghaladó szellőkést regisztráltak. A legnagyobb szélvihar Őrvényesre csapott le, ahol a legerősebb szellőkés elérte a 100 kmh^{-1} -t. A légkörben visszamaradt energia elég volt ahhoz, hogy egy második hullám is kialakulhasson, így nem sokkal éjfél után a Vajdaság területén újabb intenzív cellák tűntek fel. Ezek a cellák északnak, a főváros irányába indultak el, de a reggeli órákban már a Dunántúlon, a Balaton felé is terjeszkedtek. Ez a máso-

dik hullám károkozó viharos szelet már nem hozott, csupán tartós, csendes eső társult hozzá. Miután a ciklon felhő- és csapadékrendszere levonult hazánkról, ismét pár napra beköszöntött a kánikula délutáni záporokkal, zivatarokkal tarkítva. Június 12-én délután egy hidegfront előterében is heves zivatarok pattantak ki a Balatonnál, s ekkor három forgó zivatarfelhőt, úgynevezett szupercellát is sikerült megörökíteni (2–3. ábra). Az átvonuló cellák Siófokon, Fonyódon és Balatonöszödön is 80 kmh^{-1} -t meghaladó szellőkést okoztak és a tó környezetében számos helyről dió nagyságú jégről érkezett tudósítás. Ezekből a konvektív rendszerekből lokálisan nagyobb mennyiségű csapadék is hullott, pl. Keszthelyen 20 mm esővíz gyűlt össze. A hónap közepén egy újabb sekély ciklon hozott felfrissülést. A légnomáskülönbség

által indukált szél a Balatonnál többfelé viharossá fokozódott ($60\text{--}75\text{ kmh}^{-1}$) és számos helyen eső, záporosó, zivatar is kialakult. A következő néhány napban folytatódott a meleg, nyárias idő, melynek június 22-én egy markáns hidegfront vetett véget. A hidegfront mögött jelentősen visszaesett a hőmérséklet és a hónap utolsó 9 napját már mérsékelt meleg idő jellemezte. Napközben csupán 20 és 25 fok közé emelkedett a hőmérséklet.

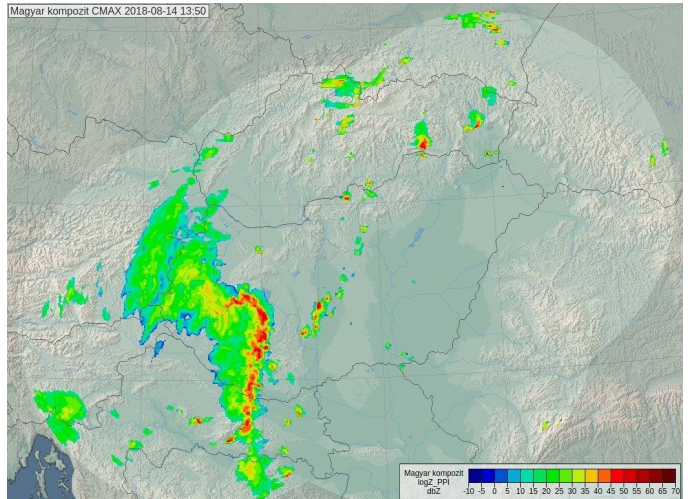
Július első napjaiban hazánktól északkeletre egy ciklon helyezkedett el. A légörvény peremén száraz, de a megszokottnál jóval hűvösebb levegő árasztotta el a Kárpát-medencét, így a napos idő ellenére a sokévi átlag alatt alakult a hőmérséklet. A ciklon gyengülésével nyugat

cella is fejlődésnek indult és ennek kifutószela a keleti medencében viharos erejűvé fokozódott. A hónap figyelemre méltó konvektív jelensége egy önfenntartó rendszer volt, amely július 23-án Tokaj térségében egy jelentéktelennek tűnő kis zivatarból alakult ki. Az egycellás zivatar többcellás rendszerré fejlődött és láncba szerveződve érte el a fővárost, ahol szélvihar és felhőszakadás párosult hozzá. Tovább folytatva útját a Balatontól délre, egyre gyorsuló mozgással haladt el, s csaknem tíz órán keresztül volt aktív.

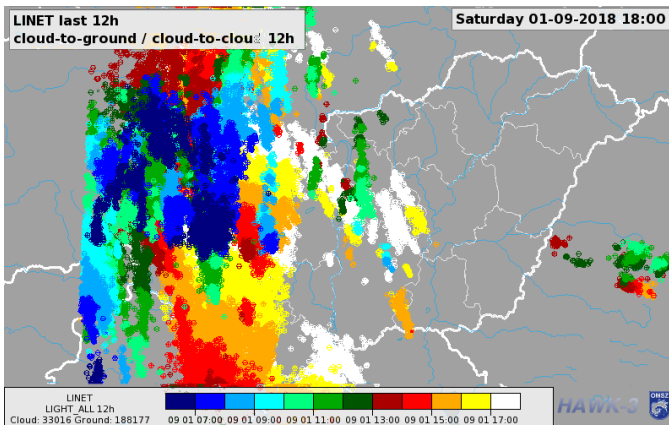
A hónap utolsó dekádjában anticiklonális hatások váltak uralkodóvá és kezdetét vette a közel egy hónapig tartó hőhullám. Beköszöntött az „igazi nyár”. Július utolsó



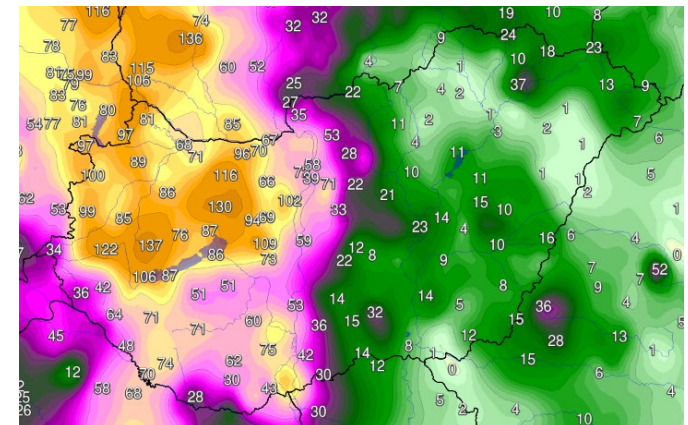
5. ábra: 2018.08.14. A közeledő zivatarvonal arcus felhője Tihany irányában. (Horváth Ákos felvétele)



6. ábra: 2018.08.14. 13:50 UTC A délnyugat felől közeledő zivatarvonal a kompozit radarképen.



7. ábra: 2018.09.01. Lecsapó és felhővillámok a nappali 12 órában, a LINET érzékelők alapján (szinoptikus archívum).



8. ábra: Augusztus 31. 12 UTC és szeptember 4. 12 UTC között lehullott csapadék (mm) az OMSZ főállomásain (HAWK).

felől változó nedvességtartalma, melegebb légtömeg érkezett, mely ismét kedvezően hatott a konvekcóra. Július végéig maradt a változékony időjárás, több alkalommal is gyenge hidegfrontok, magassági hidegörvények vonultak át felettünk. Ezek jelentősebb lehűlést nem okoztak, viszont labilis rétegződést eredményeztek, így – bár az idei szezon eddig nem bővelkedett károkozó, nagy viharokban – kevésbé heves zivatarcellák szép számmal keletkeztek a magyar tenger környezetében. Július 27-én a kora délutáni órákban már-már menetrendszerűen a Bakony felett aktivizálódott a légkör. Látványos felhőstruktúra jelent meg, egy zivatarfelhő jól fejlett üllője mintegy koronaszerűen húzódott a Balaton fölé (4. ábra). A rendszertől keletre időközben egy másik

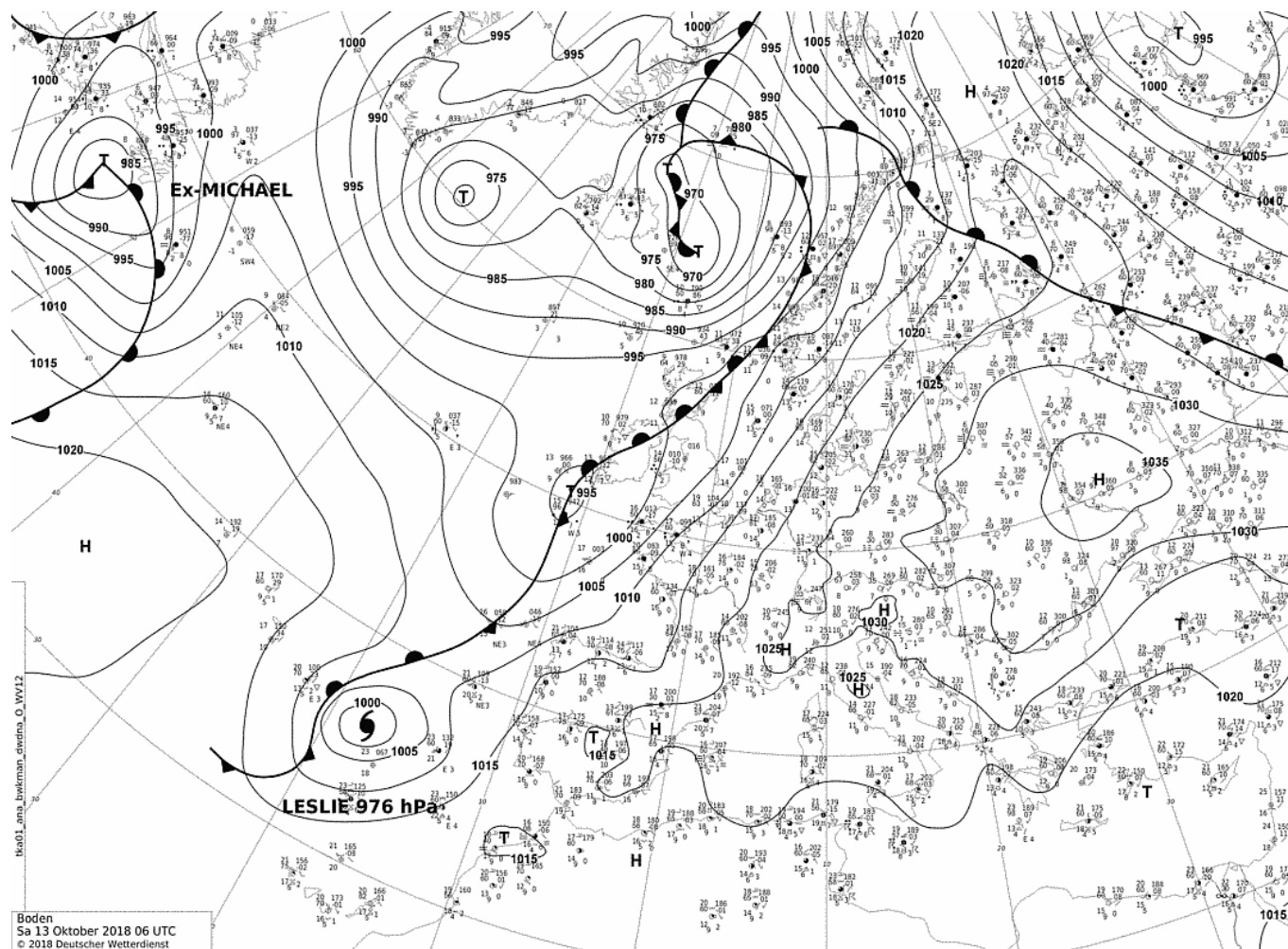
három napjában a napi középhőmérséklet már 27 fok felett alakult, így július 30-tól kezdődően II. fokú hűségriadót rendeltek el.

A nyári hónapok közül az **augusztus** volt a legmelegebb. A hónap elején továbbra is anticiklon alakította időjárásunkat, így folytatódott az igazi napos strandidő, 30–34 fok körüli csúcstértékekkel. Markáns front sokáig nem hozott jelentősebb enyhülést, így azoknak kedvezett az időjárás, akik ekkorra időzítették nyaralásukat. A hőhullám augusztus 9-én tetőzött. Fonyódon 35, Balatonlelén 35,3 fokig „kúszott a hőmérő higanyszála” (Siófokon és Keszthelyen ugyanakkor nem érte el a 35 fokot 2018-ban a maximum). Mindez jócskán elmaradt a tavalyi értékektől, amikor a hónapban több alkalommal is 35 fok feletti

hőmérsékleteket (08.04-én 38, 39 fokot) mérhettünk. A kánikulát augusztus 11-én átmenetileg egy hidegfront törte meg, de ez is csak egy nap erejéig vetette vissza a hőmérsékletet. Tovább folytatódott a meleg periódus szórványosan záporokkal, zivatarokkal. Egy látványos zivatarlanc augusztus 14-én késő délután délnyugat felől érte el a Balatont (5–6. ábra). Az örvénylő zivatarok a keleti medencébe érve, felerősödve 80 km^{-1} -s szállökést produkáltak Balatonaligán jelentősebb viharok nélkül. A konvektív rendszer intenzív záporos csapadékot okozott, Balatonedericsen 46 mm-t rögzített a csapadékmérő. Mindezek ellenére augusztus lett a szezon harmadik legszárazabb hónapja. Végül a már említett hóhullámot egy

nyári napnak ($T_{\max} > 25 \text{ °C}$) megfelelő hőmérsékleti értékek születtek. Szeptember elején csapadékosra fordult az idő és a Balatonnál pár nap leforgása alatt extrém mennyiségű eső esett, melyhez a zivatarok jelentősen hozzájárultak (7–8. ábra).

Egy-egy ilyen zivataros napon a viharjelzések változtatásának a száma a 15 alkalmat is elérte összességében. Ezt a csapadékos hónapkezdetet egy tőlünk nyugatra elhelyezkedő légörvény idézte elő, mely napokig a térségben vesztegelt. Elsején még meleg, de igencsak nedves légtömegek advektálódtak a ciklon előoldalán. Az erőteljes gomolyfelhő képződés ellenére csak keveset láthattuk a napot, ennek ellenére többfelé a parton 30 fokot is mér-



9. ábra: 2018.10.13. Talajtérkép a jellemző októberi szinoptikus helyzettel a Kárpát-medencében (Deutscher Wetterdienst)

– Skandináviától egészen a mediterrán térségig hosszan elnyúló – hullámzó frontrendszer szakította meg augusztus 25-én, melynek hidegfrontja markáns lehűlést hozott. Ez azonban még nem jelentette a nyár végét. A frontrendszer mögött ismét anticiklon vette át az irányítást, s bár a kánikulának búcsút inthettünk, visszatért a kellemesen meleg, nyár végi idő, 27 fok körüli maximumokkal. Noha az ősz már jelezte, hogy augusztus 30-án reggelre a nyugati medencében köd is képződött.

A 2018-as ősz egy hőségnappal ($T_{\max} > 30 \text{ °C}$) vette kezdetét, s végül **szeptember 1.** egyben a hónap legmelegebb napja is lett. A következőkben a csúcserték már kissé alábbhagyott, de még három héten át kitartóan éreztette hatását a nyár. Egy-két nap kivételével végig

tünk a délutáni órákban. Ezen a napon csapott le a Balatonra a szezon második legnagyobb viharja. Egy délnyugat felől érkező, gyorsan mozgó zivatarlanc főként a keleti medencében okozott viharos erejű szállökéseket, Siófokon 100 km^{-1} -s szelet rögzített a parti szélmérő műszer. A következő napok is bővelkedtek konvektív csapadékban, ekkor mérték a szezon legnagyobb napi csapadékösszegét is: a nyugati medencében helyenként 60–70 mm is esett egy nap leforgása alatt (pl. Gyenesdiás). A csapadékos hónapkezdetet szárazabb napok követték, naposabbra fordult az idő. Szeptember közepén egy hidegfront okozott ismét záport, de a front lényeges lehűlést nem eredményezett, csupán pár fokkal mérsékelte a nappali felmelegedést. A front mögött egy anticiklon

épült ki, így átmenetileg megnyugodott a légkör. A nyárzáró hidegfront két hullámban érkezett: az első hideghullám szeptember 22-re virradóan érte el a Balatont viharos erejű szél és jobbra *sztratiform* csapadék kíséretében. Két nappal később egy újabb markáns front robogott át az országon és ez már végképp megpecsételte a nyár sorsát. Szeptember utolsó hetében már az átlag közelében alakult a hőmérséklet és csendes, eseménytelen időjárással búcsúzott a hónap.

Szeles és kissé hűvös idővel köszöntött be az október. Észak-Európában több középpontú ciklonrendszer borongós, esős időt hozott, a hozzájuk kapcsolódó frontok mentén pedig hűvösebb levegő vonult dél felé. Ezzel egyidejűleg a kontinens nyugati partjai előtt egy anticiklon terjeszkedett. Az egyre erősödő magasnyomás, kiszorítva a frontokat, lassacskán Közép-Európa fölé húzódott. Ezzel kezdetét vette a vénasszonyok nyara, mely szűk három héten keresztül kitartott (9. ábra). Ezalatt az időjárás kettős arcát mutatta: őszi időjáráshoz hűen már hűvösök voltak az esték, éjszaka is általában 8–10 fokig süllyedt a hőmérséklet és reggelre egyre nagyobb területen párassá vált a levegő, a nyugati medence környékén ködfoltok is megjelentek.

Nappal azonban napsütéses, az átlagosnál jóval melegebb időt élvezhetünk a délies áramlásnak köszönhetően. A déli órákban a tó partján a hőmérséklet általában elérte és helyenként meg is haladta a 20 fokot.

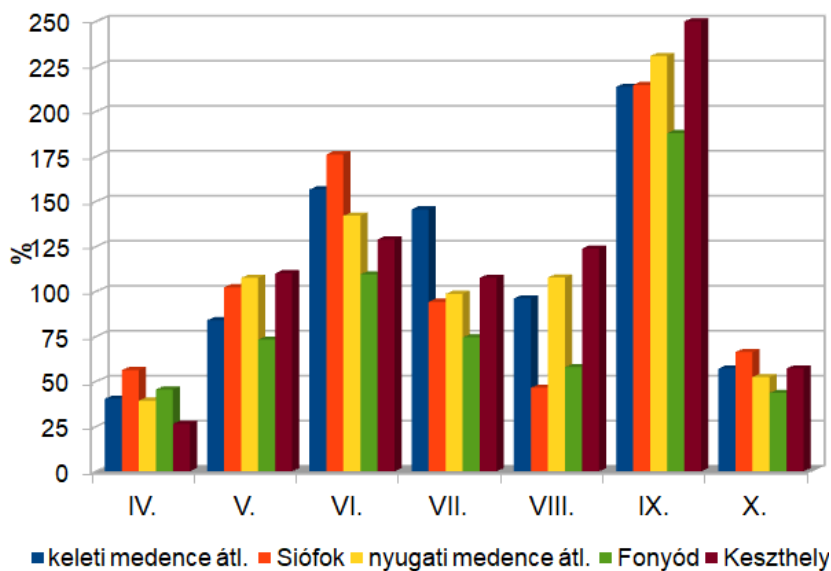
A hónap utolsó tíz napjában változókényabbra fordult az idő. A meleg periódusnak előbb a Nyugat-Európa feletti anticiklon peremén észak felől becsorgó hideg, majd egy magassági hidegörvény vetett véget október 21-én. Az északira forduló, megerősödő áramlással több fokkal hidegebb levegő szivárgott a Kárpát-medencébe. Két nappal később, nemzeti ünnepünkön egy újabb, markáns hidegfront vonult át viharos északnyugati széllel. A front mögött a következő napokban is sorra követték egymást a légköri objektumok, de nagyobb mennyiségű csapadékot egyik képződmény sem hozott. A hőmérséklet viszont a nappali órákban is 15 fok alatt maradt. A légkör dinamikus voltából adódóan a Balatonnál gyakran megerősödött vagy viharossá fokozódott a szél, így a kiadott viharjelzések száma tovább gyarapodott.

A szezon utolsó napjaiban hazánk egy mediterrán ciklon melegszekektorában helyezkedett el, így változó szélerősség mellett ismét lassú melegedés vette kezdetét. A déli szél a felszínközélemben enyhe és igencsak páradús légtö-

meget szállított a Kárpát-medencébe, így adottak voltak a feltételek, hogy 29-re virradóan a Balaton és környéke ködbe burkolózzon.

A szezon a sokévi átlagok tükrében. A klimatológiai vizsgálatok szerint 1901 óta az eddigi legmelegebb nyári félév volt a 2018-as. Az áprilistól szeptemberig terjedő időszak átlaghőmérséklete Siófokon elérte a 20,9, Keszthelyen pedig a 19,3 fokot. Ez *Siófok esetében 3,3 °C, Keszthely esetében 2,4 °C-kal magasabb az 1971–2000-es évek átlagánál!* A magas értékek nem annyira a nyári meleg napok miatt alakultak így, hiszen 2018-ban pl. a 30 fokot elérő hőségnapok száma Siófokon 28, és Keszthelyen is 28 lett, míg az előző évben ugyanezen értékek 36, illetve 39 napot számláltak. Nagyobb melegedés volt tapasztalható a megszokotthoz képest áprilisban és májusban, amikor a havi középhőmérsékletek 3–5 fokkal haladták meg az 1971–2000-es átlagot. Ősszel is folytatódott a meleg idő. A nyári hónapok közül az augusztus

volt a legmelegebb; Siófokon 24,6, Keszthelyen 22,6 fokos középhőmérséklettel. A Balaton vízhőmérséklete áprilisban gyorsan emelkedett. Az 1 méter mélységben lévő siófoki automata vízhőmérő májusban már 1 nap kivételével 20 fok feletti vízhőmérsékletet mért. Június első hetében pedig eljelle kivételével már elérte a 25 °C fokot is a vízhőmérséklet. A legmagasabb érték július 30-án állt be 28,8 fokkal.



10. ábra: 2018. év havi csapadékösszegei a sokévi átlag százalékában (1961–1990).

A viharjelzési szezon a **Balaton évi legmagasabb vízállásával kezdődött:** A februári, márciusi csapadékos időjárást követően április első hetében 133 cm volt az induló átlagvízszint. Az előző hónapok sok csapadéka után áprilisban már csak az átlagos csapadékösszeg alig fele hullott le. Még így is a hozzáfolyások miatt a Sió csatornán történő vízleeresztés hatására a Balaton vízszintje a hónap végére 5 cm-rel tudott csak csökkenni. A havi csapadékösszegeket tekintve a szezon két szélső hónapja lett a legszárazabb (10. ábra), áprilisban 20 mm alatti, októberben 21 mm körüli átlagos csapadékkal. A május, július és az augusztus ennél magasabb, többnyire az átlaghoz közelebbi csapadéku volt, míg a június és a szeptember az átlagot több helyen jóval (~150%, szeptemberben 200%-ot is) meghaladó csapadékban bővelkedett (90–120 mm, esetenként ennél is több). Szeptemberben az említett mennyiség 90%-a a hónap első hetében hullott, melyekhez a zivatarok jelentősen hozzájárultak. Egyúttal szeptemberben mérték a legnagyobb napi csa-

padékösszegeket. A hirtelen lehulló nagy csapadék a tó vízszintjén is megmutatkozott. *A hónap első hetében 10 cm-rel, 120 cm-re emelkedett a vízállás.* Míg korábban, az augusztusi, az átlagosnál melegebb (2,5–3,6 fokkal) időjárás hatására 1 hónap alatt 9 cm-rel tudott csökkenni a vízszint. *Az első hat hónap csapadékösszege a keleti, illetve a nyugati medencében átlagosan 407–460 mm volt, ami kb. 20%-kal több a megszokottnál, és megfelel 60–70 mm csapadéktöbbletnek.* 1–2 helyen azonban 100 mm közeli többlet is előfordult. Az októberben lehullott 20 mm körüli csapadékösszegeket figyelembe véve is a 2018-as viharjelzési szezon az átlagosnál csapadékosabb lett (~ +15%).

A szezon folyamán a viharjelzések nagyobb részben a záporok, zivatarok érkezése miatt kerültek kiadásra. Elsősorban a helyi zivatarok voltak a gyakoriak. Ebben az

HART növekvő utasforgalmán is megmutatkozott (november 14-re kétmillió utas). Az időjárás és a viharjelzések szezonbeli alakulása lehetővé tette, hogy a korábbi évekhez képest hosszabb ideig tartózkodhattak a sportolók és pihenni vágyók a tavainkon korlátozás nélkül. A sokévi átlaghoz képest a nyugati és középső medencében 8,7–8,8, a keleti medencében 12,9 százalékkal volt alacsonyabb a fenntartott viharjelzések időtartama. Még kedvezőbb volt a helyzet a Velencei tónál, ahol 19,7%-kal volt kevesebb a fenntartott jelzések ideje. A nagyobb korlátozást jelentő másodfokú viharjelzések a szezon teljes időszakának a keleti medencében mindössze 11,5, a középső medencében 11,4, a nyugati medencében 12,5, míg a Velencei-tónál 6,9 százalékára terjedtek ki. Ezen értékek az előző évihez képest mindenhol jelentős csökkenést mutatnak (*1. táblázat*). A Tisza-tónál az összesi-

1. táblázat: A 2018. évi viharjelzési szezonban kiadott balatoni viharjelzések statisztikai összesítése.

2018. Balaton medencék	A vihar- jelzés foka	kiadott viharjelzések száma, db							összesen IV–X. db.
		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	
Nyugati	I. fok	22	43	30	23	18	9	14	159
	II. fok	12	21	28	16	12	13	9	111
Középső	I. fok	21	33	28	20	17	13	14	146
	II. fok	9	23	26	15	12	15	5	105
Keleti	I. fok	18	31	30	24	16	13	16	148
	II. fok	10	23	28	16	16	12	6	111

2018. Balaton medencék	A vihar- jelzés foka	fenntartott órák száma							összesen IV–X. óra.
		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	
Nyugati	I. fok	190,1	264,4	262,3	236,0	122,3	121,2	162,8	1359
	II. fok	73,1	78,2	179,2	80,9	83,7	88,5	56,0	640
Középső	I. fok	173,2	205,7	253,6	229,1	104,4	112,1	167,9	1246
	II. fok	60,7	81,4	168,7	69,0	66,8	87,8	51,3	586
Keleti	I. fok	157,4	182,2	273,8	230,0	95,2	123,5	163,6	1226
	II. fok	73,7	73,9	151,4	84,9	69,2	77,4	57,6	588

évben a zivataros napok száma 2000 óta a legmagasabbakhoz tartozott. A siófoki észlelések szerint például a viharjelzési szezonban összesen 53 zivataros nap volt, míg az előző maximum 2014-ben volt és 47 napnak adódott. A tartósan szeles időszakok, illetve a frontátvonulások ritkábbak voltak az átlagosnál.

A szezon szélviszonyait értékelve a június volt az átlagosnál szelesebb, a július átlagos szélesebségű, az október is az átlaghoz közeli, míg a többi hónap az átlagosnál gyengébben szeles lett. Így összesítésben a szezon az átlagosnál kb. 10%-kal lett kevésbé szeles.

A viharjelzések és a vízbiztonság. 2018-ban a Balaton régióban való kikapcsolódás iránt növekvő érdeklődés volt tapasztalható, mely a balatoni hotelek, illetve a BA-

tett fenntartási idő 1256 óra, a másodfokú viharjelzések fenntartása pedig a legkevesebb; 257 óra (5,0%) lett.

A Balaton számos fesztiválnak és vízi rendezvénynek adott otthont. A Vízügyi rendészet folyamatosan kapta a viharjelzők állapotáról az információt, hogy felkészülhessenek egy esetleges mentési helyzetre, *havarria* megelőzésére. A Balatoni Vízügyi Rendészeti Rendőrkapitányság munkatársai a viharjelzési szezonban, 193 esetben 406 fő fürdőző, vagy hajózó személyt mentettek ki a vízből. 2018. április 1. és október 31. között hat ember fulladt a Balatonba. Egyetlen olyan halálos kimenetelű vízi baleset sem történt, amely elmaradt, vagy későn kiadott viharjelzés következménye lett volna.

RÉTHLY ANTAL NYOMÁBAN IN THE WAKE OF ANTAL RÉTHLY

Tóth Róbert

Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1181 Budapest, Gillice tér 39., toth.r@met.hu

Összefoglaló. 2018 szeptemberében egy hetet töltöttem Ankarában, kalibrálási tanfolyamon. Az ott szerzett tapasztalatokat, élményeket szeretném megosztani, különös tekintettel Réthly Antal egykori törökországi tevékenységére.

Abstract. In September 2018 I spent a week in Ankara, attending a training course on calibration. I would like to share my observation and experiences gained there, in particular Réthly's former activities in Turkey.

Nagy tisztelője vagyok Réthly Antal meteorológiai és éghajlattani munkásságának. 1898-ban, 21 éves korában került Szolgálatunkhoz, az akkori OMFI-hoz mint kalkulátor (Simon, 2004). 1934. IV. 30. és 1944. IV. 25. között, valamint 1945. II. 29. és 1948. IV. 15. között az OMFI igazgatója (Simon és Tanczer, 1995). Nemzetközi téren is jelentős szakmai tevékenységet fejtett ki. Saját szerény pályafutásom két szálon találkozott Réthly professzor lényegesen gazdagabb munkásságával. Az egyik, hogy mindketten részt vettünk a magyar nemzeti higanys törzsbarométer nemzetközi összehasonlításában. Míg azonban Réthly 1909–1939 között sok helyen sokszor végrehajtotta ezt a kalibrálási műveletet, jómagam 1987-ben Kocsis Róbert munkatársammal együtt Leningrádban egyetlen, s valószínűleg utolsó alkalommal, két héten keresztül végeztük ezt a munkát. Azért valószínűsíthető, hogy több ilyen nemzetközi összehasonlítás nem lesz, mert 1994 óta a használati, illetve referencia nyomás etalonjainkat a Budapest Főváros Kormányhivatal Böszörményi úton található (nevét gyakran változtató) telephelyére visszük kalibrálni.

A másik találkozási szál Réthly törökországi tevékenységéhez köthető, amiről szeretnék kicsit bővebben beszámolni. Musztafa Kemal Atatürk 1923-ban lett Törökország első köztársasági elnöke. Az Atatürk=minden törökök atyja elnevezést 1934-től viselte. Személyét ma is nagy tisztelet övezi (1. ábra). Jelentős reformokkal igyekezett modernizálni az országot. A reformok végrehajtásához Magyarországról kért szakembereket. Közel ötszáz tudós, mérnök és mezőgazdasági szakértő dolgozott akkor Törökországban, sőt az 1930-as évek gazdasági válsága idején mintegy ötezer szakmunkás és kisiparos vándorolt ki Törökországba, akiknek egy része végleg kint is maradt. Ankarában tevékenykedett többek között: Mészáros Gyula megszervezte az Etnográfiai Múzeumot; Ormos Imre megtervezte Ankara parkosítását; György János vezette az Ankarai Mezőgazdasági Gépgyárat és magyarok építették az ankarai löversenypályát és stadiont is (Szabó-Pap, 1978).

Réthly 1925 októberétől dolgozott két évig Törökországban igazgató-szakértőként. Ez idő alatt megszervezte az ottani meteorológiai megfigyelő hálózatot, Ankarában obszervatóriumot létesített, s 1926-ban az ő szerkesztésében jelent meg az első török időjárás évkönyv. Szolgálatával leteltével Kemal Pasa magas elismerő kitüntetésével térhetett haza (Simon, 2000).

Ankara Közép-Anatóliában fekszik magas hegyekkel körülvéve. Jobban védhető fekvése miatt lett 1923-ban az

ország fővárosa Isztambul helyett. Réthly professzor valószínűleg alig ismerne rá egykori missziójának színhelyére. Az akkori Ankara mintegy 50 000 lakosú, elmaradott vidéki város volt. Alig száz év alatt közel 110-szeresére nőtt a lakossága és a kiterjedése is (2. ábra). Ma közel 5,5 millió a népessége.

Törökországban 1839-ben kezdődtek a meteorológiai mérések Isztambulban. 1875-ben mindössze 16 mérőhelyből állt az állomáshálózatuk. A magaslégköri megfigyeléseket és az időjárás előrejelzéseket 1915-ben kezdték.

Réthly Antal eredményes munkát végzett Törökországban. A Török Meteorológiai Szolgálat (TSMS, 1937-ben alapították) ma a régió egyik meghatározó szolgálata. A Meteorológiai Világszervezettel (WMO) karöltve rendszeresen szerveznek továbbképzéseket, amelyekre a világ minden részéről érkeznek szakemberek. Különösen radarmeteorológia és a meteorológiai mérőeszközök kalibrálása témakörökben indítanak képzéseket. A TSMS 2001 óta Regionális Továbbképző Központot működtet. Törökországban jelenleg csak államilag kijelölt szervezet folytathat meteorológiai tevékenységet, a kormányzati szervek azonban ingyen adják át adataikat. Megfigyelő hálózatuk dinamikusan fejlődik az utóbbi időben. Ma mintegy 1600 felszíni automatát, 18 radart, 9 rádiószondázó állomást, 35 villám detektálót és 14 tengeri bóját üzemeltetnek. Az üzemeltetést, karbantartást és kalibrálást regionálisan szervezték, a hazánknál nyolcszor nagyobb területű országot 15 régióra osztva. Ezt a tevékenységet 2014 óta egy információs szoftver optimalizálja a költségek csökkentése és a minőségi adatok biztosítása érdekében.

2018 szeptemberében részt vettem a Kalibrálás alapjai című immár 4. nemzetközi kurzuson Ankarában. Az első ilyen öt évvel korábban Mikó Róbert volt az OMSZ kiküldöttje. A mostani tanfolyamon 23 országból 29-en vettek részt.

A továbbképzés elő három napján a metrológiáról, mérési bizonytalanságról, mérések visszavezethetőségéről, a meteorológiai műszerek kalibrálásáról folyt elméleti oktatás. Átfogó előadásokat hallhattunk a meteorológiai paramétereket mérő műszerek típusairól, kalibrálásáról, valamint a kalibrálás általános szabályairól (3. ábra).

A világon a szabványokról megjelent első jogszabály Bursa város törvénye, a Kanunname-i Ihtisab-i Bursa 1502-ből, amit II. Bajazid (II. Bayezid) szultán adott ki, hogy az oszmán birodalomban a kereskedelem és az



1. ábra: Az Atatürk Mauzóleumnál Ankarában mindig sok a látogató



2. ábra: Mozgó árus Ankara óvárosában



3. ábra: A szerző a kalibrálási tanfolyam színhelyén Ankarában

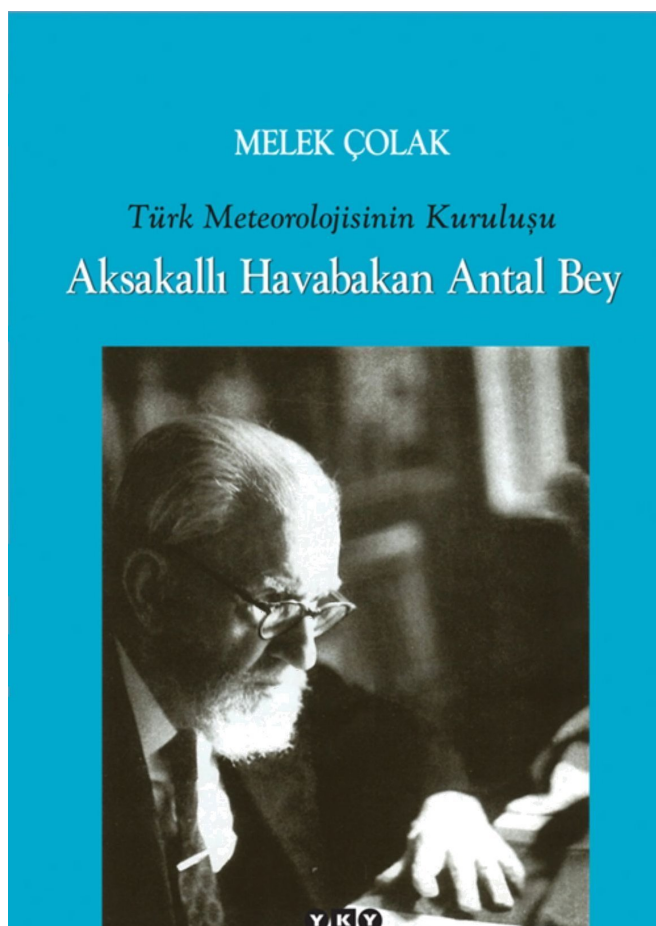


4. ábra: Szélirány érzékelő kalibrálása precíziós teodolittal a TSMS Kalibráló Központjában

adófizetés egységes elvek és mértékegységek alapján történjen. Ebben a törvényben szabályozták az állati termékek, a zöldségek és gyümölcsök, a só, bőrárúk, textilárúk, faipari termékek minőségét, csomagolását és ezek árait is rögzítették. Egy példa a törvényből: a kenyértészta tömegének fele fehér liszt legyen, s egy véka (35–36 liter) liszthez adassék 1 okka (400 dirham azaz 1,2 kg) olaj.

A negyedik napon a török meteorológiai szolgálat kalibráló laboratóriumát tekintettük meg. A gyakorlat során részt vehettem szélirány érzékelő lézeres kalibrálásában precíziós teodolit segítségével (4. ábra). A hazai kalibrálási gyakorlathoz képest a szélirány érzékelők és az adatgyűjtők kalibrálásában tartanak előbbre a törökök. A csapadékmérők felfogó-felülete 400 cm². Az automata csapadékmérőket fél évente a helyszínen kalibrálják. A török labor nemzetközi akkreditálással rendelkezik szélesség, hőmérséklet, nedvesség és nyomás területén. Ötödik nap WEBEX előadást hallgattunk az OSCAR/Surface-ről, a WMO felszíni méréseinek metaadatbázisáról, majd meglátogattuk az Ankarai Regionális Mérésügyi Hivatalt, ahol bemutatták tevékenységüket, különös tekintettel a mérések visszavezetésére.

A tanfolyam megnyitóján találkoztam Ercan Büyükbaşsal, a TSMS megfigyelő rendszerének vezetőjével, akivel korábban más WMO-rendezvényeken már megismerkedtem. Kíváncsiságból megkérdeztem, vajon a jelenlegi Ankarában mennyire emlékeznek Réthly Antal nevére, őrzik-e az emlékét a Török Szolgálatnál. A kolléga szemem felcsillant, s gyorsan elkezdett keresni okostelefonján. Hamarosan mutatta az eredményt, egy könyvet, amit Réthly Antalról adtak ki török nyelven (5. ábra). 2012 a kiadás éve, s Réthly életrajzát tartalmazza. A címe körülbelül így fordítható magyarra: Antal úr, a fehérszakállú légkör miniszter, a török meteorológia megteremtője. Elégedetten állapítottam meg tehát, hogy neves elődünk munkássága nem merült feledésbe török honban.



5. ábra: A Réthly Antalról kiadott török nyelvű könyv (Török Meteorológiai Alapítvány)

Még két apró élményt szeretnék megosztani Ankarából. A tanfolyam utolsó estéjén, ünnepi vacsorán vettünk részt, mind a kurzus hallgatói, mind az előadók, illetve házigazdák. Szeszest italt nem szolgáltak föl, nyilván, mert az ország lakossága döntően iszlám vallású, bár a nagyvárosokban kevésbé követik szigorúan az előírásokat. A díszes oklevelek átadása után a házigazdák, köztük a TSMS vezetői egyenként dalra fakadtak, s elénekeltek kedvenc török népdalukat. Ezután átadták a lehetőséget a többi résztvevőnek, így aztán afrikai és ázsiai dalokat is hallgathattunk változó színvonalon, de lelkes előadásban.

A hallgatótársak engem bíztak meg a végén, hogy a csoport nevében mondjak köszönetet a házigazdáknak az egész tanfolyamon tapasztalt magas

szakmai színvonalért és barátságos hangulatért. Szerettem volna az ilyenkor szokásos köszönő mondatokon kívül valami egyedit is belevinni a hirtelenjében rögtönzött beszédbe, így ismét segítségül hívtam Réthly professzor itteni eredményeit. Ezen felül eszembe jutott még a magammal hozott útikönyv (Szabó-Pap, 1978) egy török nyelvű mondata a török-magyar etnikai rokonságról: „Türk ve macar kardeşdir.” Ez magyarul azt jelenti, hogy a török és a magyar testvér. Nem gondoltam, hogy mindez mekkora hatással lesz: a török kollégák egymás után keblükre öleltek, s könnybe lábadt szemekkel köszönték meg szavaimat.

Irodalom

- Simon A., 2000: Réthly Antal meteorológiai szakirodalmi hagyatéka. *Légkör* 45(4), 5.
- Simon A., 2004: Magyarországi meteorológusok éghajlati lexikonja. *Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest, 2004.* 89.
- Simon A. és Tünczer T., 1995: Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971–1995. *Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest,* 11.
- Szabó-Pap L., 1978: Törökországi utazások. *Panoráma Külföldi Útikönyvek.* 62, 75–76.

2018 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF AUTUMN 2018

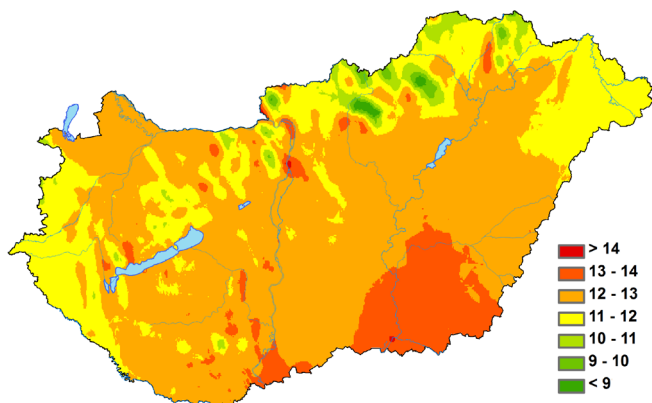
Hoffmann Lilla

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., hoffmann.l@met.hu

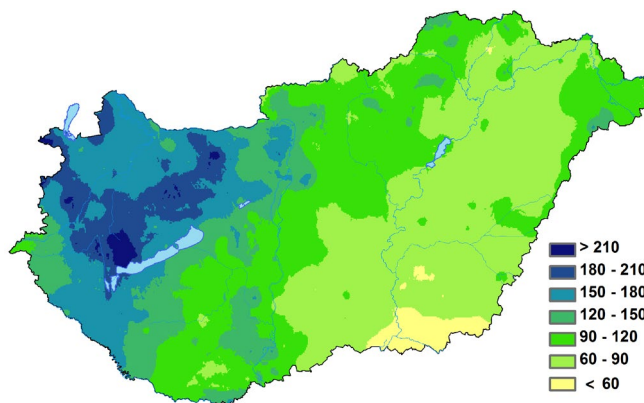
Mindhárom őszi hónap melegebb volt a szokásosnál, és ezzel a 2. legmelegebb őszt tudhattuk magunk mögött 1901 óta. A szeptember mintegy 1,5 °C-kal, az október 2,4 °C-kal, a november pedig 2 °C-kal múlta felül az 1981–2010-es átlagot. Csapadék tekintetében az évszak szárazabb volt az átlagnál. A hónapokat tekintve a szeptember átlag körülíne, míg az október és a november szárazabbnak bizonyult az átlagnál. Az előbbi esetében a normál 41%-a, míg az utóbbi esetében az 1981–2010-es sokévi átlag 84%-a adódott. Összességében 22%-kal hullott kevesebb csapadék országos átlagban a szokásosnál az őszi során. Az őszi átlaghőmérséklet 12–13 °C között alakult az ország nagy részén. A Maros-Körös közén és a Duna alsó szakaszán 13–14 °C, míg a hegyvidékeken 9–10 °C volt a jellemző. Melegebb, 14 °C-ot meghaladó középhőmérsékletű területek csak szűk régióban, Budapest és Szeged környékén jelentkeztek. Országos átlagban az őszi középhőmérséklete 10,3 °C-nak adódott. Az 1981–2010-es átlagnál alacsonyabb értékek a Duna-Tisza közén és foltokban a Dráva-mentén fordultak elő. A normált leginkább a hegyvidéki területeken, valamint Budapest és Szeged környékén haladta meg a középhőmérséklet, itt helyenként előfordult 2,5 °C-nál nagyobb anomália is. A 2018-as őszi országos viszonylatban szárazabb volt az átlagosnál. A legtöbb csapadék a Keszthelyi-hegység tágabb környezetében hullott, 210 mm-t meghaladó összeggel. Ezen kívül a Dunántúli-középhegység területén jelentkezett még magasabb érték (180–210 mm). A síkvidéki területeken jellemzően 90–150 mm-t jegyeztünk. A Dunántúli északi területein a normál 110–125%-a hullott le. A déli megyék adódtak szárazabbnak, előfordult olyan terület, ahol a normál 50%-át mértük. Az országos évszakai csapadékmennyiség 113,3 mm volt, ez a megszokott mennyiség 78%-a. A legnagyobb őszi csapadékösszeget, 254,8 mm-t Gyenesdiáson jegyeztük, a legkevesebb csapadék, 39,9 mm Kiszomboron adódott.

Szeptember. Szeptemberben az ország jelentős részén 16 és 17 °C-os középhőmérsékletet mértünk. Ennél magasabb értékek a Nagykunság és a Maros-Körös közén jelentkeztek. Hűvösebb területek az Északi-középhegység magasabb területein voltak (12–13 °C). Szeptemberben sehol nem fordult elő a normálhoz képest alacsonyabb érték. Az Északi-középhegység egyes részein, valamint Szeged környékén adódott az átlagnál magasabb hőmérséklet, a Mátrában helyenként 3 °C-kal is meghaladta a középhőmérséklet a sokévi átlagot. Országos átlagban 17 nyári napot regisztráltunk ($t_x \geq 25$ °C), ami 9 nappal több a sokévi átlagnál. Hőségnapból ($t_x \geq 30$ °C) 2 jelentkezett, 1-gyel több mint a megszokott.

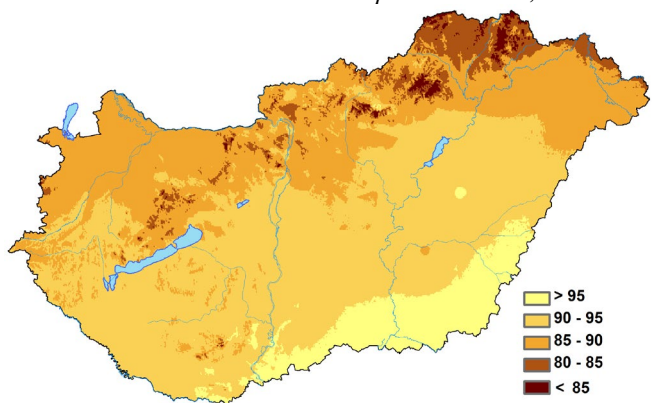
dékösszeg. Az 1981–2010-es sokévi átlaghoz képest a legtöbb csapadék a Gerecse és a Vértes egyes részein, valamint a Keszthelyi-hegységben volt. A Tisza vonalában azonban előfordultak olyan területek, ahol a normál 20–30%-a hullott le csupán. Országos átlagban 6 csapadékos napot ($> 0,1$ mm) regisztráltunk, ami 2 nappal kevesebb a sokévi átlagnál. Több helyről jelentettek 20 mm-t meghaladó csapadékmennyiséget, emellett 30 és 50 mm feletti csapadékösszeg is jelentkezett. A legcsapadékosabb nap szeptember 3-a volt, amikor országos átlagban több mint 13 mm csapadék hullott. Szeptemberben 3 zivataros nap adódott, ami 2-vel több a szokásosnál.



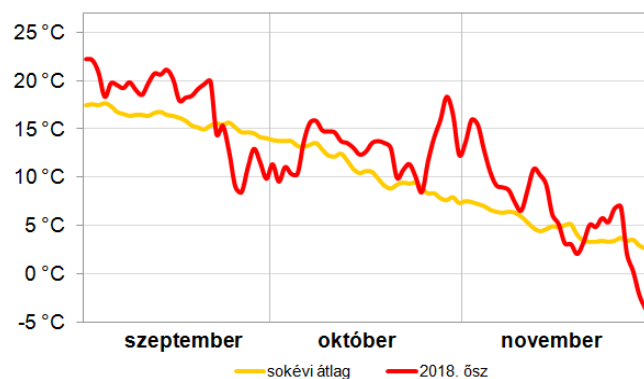
1. ábra: A 2018-as őszi középhőmérséklete, °C



2. ábra: A 2018-as őszi csapadékösszege, mm



3. ábra: A 2018-as őszi globálsugárzás összege, kJcm²



4. ábra: A 2018-as őszi napi középhőmérsékleteinek eltérése a sokévi (1981–2010-es) átlagtól, °C

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
35,3 °C, Pítvaros (Csongrád megye), szeptember 2.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
-4,2 °C, Zabar (Nógrád megye), szeptember 30.

A hónap összességében átlagos csapadéknak bizonyult, azonban mind térben, mind időben meglehetősen egyenetlenül oszlott el. Míg a Dunától nyugatra bőséges csapadék hullott, addig a középső és keleti országrész a szárazságtól, aszálytól szenvedett. A Sajó-völgyében és a Tisza alsó szakaszán 5–10 mm csapadék hullott összesen a hónapban. A Dunántúli-középhegységben azonban a 100–150 mm-t is meghaladta a havi csapa-

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
190,5 mm, Gyenesdiás (Zala megye)
A hónap legkisebb csapadékösszege:
3,8 mm, Mezőkövesd (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
85,2 mm, Hegyeshalom (Győr-Moson-Sopron), szeptember 1.

Október. A hónap középhőmérséklete 13–14 °C között alakult hazánk nagy részén, ennél melegebb a Tisza alsó szakaszán volt. Alacsonyabb hőmérsékleti értékek az Északi-középhegység magasabban

fekvő részein jelentkeztek, volt ahol 8 °C-ot sem mértek. A legmagasabb értékek az Északi-középhegység magasabban fekvő részein, Budapest és Szeged környékén fordultak elő. Az anomália ezeken a helyeken meghaladta a 3 °C-ot, a Mátrában és a Bükkben pedig 5 °C-os pozitív eltérés is adódott. A hónap középhőmérséklete országos átlagban 12,9 °C volt, ami 2,4 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot, és ezzel a 7. legmelegebbnek bizonyult az elmúlt 118 év alatt. Októberben 1 nyári nap jelentkezett, amely megegyezik a normállal. Fagyos nappól ($t_n \leq 0$ °C) azonban egy sem fordult elő a hónapban (normál: 3 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

27,3 °C, Kübekháza (Csongrád megye), október 27.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-4,2 °C, Zabar (Nógrád megye), október 25.

Az októberi csapadékösszeg elmaradt az ilyenkor szokásostól. Országos átlagban mintegy 17 mm csapadék hullott, ami sokévi átlagnak csupán 41%-a. A legszárazabb területek a déli és a délkeleti ország-

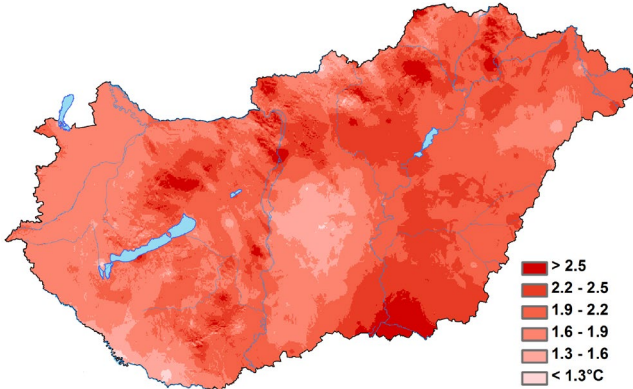
jelentkeztek foltokban, azonban ezeken a területeken sem csökkent a hőmérséklet 3 °C alá. Melegebb területek leginkább az ország déli területein fordultak elő. Az 1981–2010-es normálnál 2 °C-kal adódott melegebbnek a november országos átlagban. Nagyobb pozitív irányú eltérés a Duna középső és a Tisza alsó szakaszán volt, azonban Budapest környékén és az Északi-középhegység magasabban fekvő területein az anomália értéke elérte a 3 °C-ot is. Átlagos hőmérsékletű területek a Marcal-medence és a Dráva-sík tágabb környezete voltak. Negatív irányú eltérés nem jelentkezett országos átlagban. 2018 novemberében a megszokott 1 téli nap ($t_x \leq 0$ °C) jelentkezett, ami megegyezik a normállal, fagyos nappól pedig négyvel kevesebbet jegyeztünk, mint a sokévi átlag (11 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

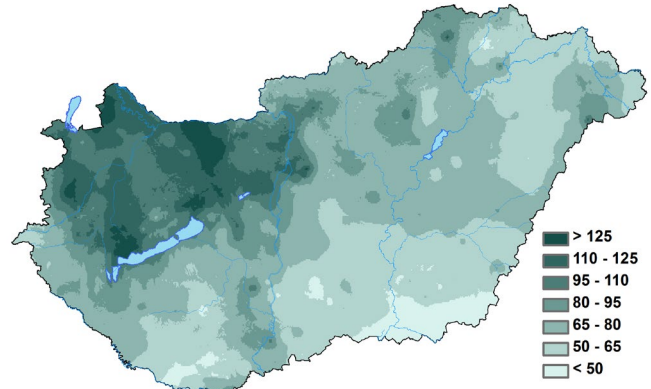
25,8 °C, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), november 1.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-12,1 °C, Zabar (Nógrád megye), november 29.



5. ábra: A 2018-as őszi középhőmérsékletének eltérése a sokévi átlagtól (1981–2010), °C



6. ábra: A 2018-es őszi csapadékösszege a sokévi (1981–2010) átlag százalékos (%) arányában kifejezve

részen voltak, egyes helyeken a havi csapadék az 5 mm-t sem érte el. A sokévi átlaghoz viszonyított legnagyobb értékek (80–100%) a Budai-hegység és az Északi-középhegység egyes részeire koncentráálódtak, a legkisebbek pedig a Dél-Dunántúlra és a délkeleti országrészre (15–20%). Szűk területen azonban a sokévi átlag 10%-át sem érte el a havi csapadékösszeg. 7 csapadékos nap fordult elő országos átlagban, amely egy nappal kevesebb a megszokottnál. Emellett 30 mm-t meghaladó csapadékösszeg is jelentkezett egyes helyeken.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

55,4 mm, Aggtelek (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

3,5 mm, Csanádapalota (Csongrád megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

36,2 mm, Murakeresztúr (Zala megye), október 28.

November. A hónap középhőmérséklete 6–7 °C között alakult. Hűvösebb körzetek az Északi-középhegység magasabban fekvő részein

A novemberi csapadékmennyiség leginkább a Mátra, a Bükk és a Jászság területeire koncentrálódtak, 70–80 mm körüli értékekkel. A legkisebb csapadékösszegek a Mecsek és a tolnai Hegyhát egyes részein jelentkeztek, 15–20 mm-rel. Novemberben átlag alatti csapadékösszeget jegyeztünk. A sokévi átlagtól leginkább elmaradó értékek (30–40%) zömmel a Dunántúli-dombság területén adódtak, míg a legnagyobb csapadéktöbblet (140–160%) a Sajó-völgyén és a Jászság területein volt. Novemberben 1-gyel kevesebb csapadékos napot jegyeztünk az átlagnál (10 nap). Emellett előfordult 20 és 30 mm-t meghaladó csapadékösszeg is.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

83,2 mm, Bükkszentkereszt (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

13,2 mm, Dunavarsány (Pest megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

35,2 mm, Bükkszentkereszt (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), nov. 26.

2018. őszi időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm ⁻²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél viharos nap ($f_x \geq 15$ ms ⁻¹)
	évszak összes	eltérés		évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %- ában	
Szombathely	506	119	89	11,8	1,8	30,0	09.12	-6,3	11.29	175	113	18	6
Nagykanizsa	-	-	92	11,4	1,4	29,1	09.12	-8,4	11.30	165	81	17	3
Pér	-	-	-	12,0	-	29,7	09.12	-8,1	11.29	131	96	17	8
Siófok	-	-	91	13,4	2,1	30,1	09.01	-5,6	11.30	157	109	13	9
Pécs	586	137	97	13,2	2,0	29,9	09.01	-7,3	11.30	73	43	11	7
Budapest	515	91	86	13,2	2,2	30,3	09.01	-4,2	11.29	135	105	16	4
Miskolc	490	93	82	11,9	2,2	31,7	09.02	-7,3	11.29	101	79	16	1
Kékestető	536	116	88	8,8	2,6	22,8	09.02	-10,7	11.30	118	63	24	21
Szolnok	508	79	95	13,0	2,1	32,8	09.01	-4,5	11.29	85	70	14	5
Szeged	621	182	99	13,4	2,5	34,6	09.01	-6,0	11.30	51	42	14	6
Nyíregyháza	-	-	89	12,3	2,4	33,2	09.02	-7,7	11.30	80	62	14	7
Debrecen	603	177	92	12,8	2,4	32,4	09.02	-7,5	11.30	65	52	13	7
Békéscsaba	-	-	98	12,8	2,1	33,2	09.02	-4,0	11.30	74	58	12	6

A 63. ÉVFOLYAM (2018) SZERZŐI

AUTHORS OF VOLUME 63 (2018)

Ablonczy Dávid: Hogyan mérjük az esőt? Mennyire süt most a nap? Hogyan működik a szélmérő? (Meteorológiai érzékelők egyszerűen, a hétköznapokban)	162	Krivánné Horváth Ágnes: Földtudományos Forगतag–2018	148
Barát József: Dr. Szepesi Dezső (1931–2018)	110	Kúti Zsuzsanna, Puskás János és Köcséné Szabó Ildikó: Időjárási frontok hatása a középiskolások szervezetére	96
Bíróné Kircsi Andrea: 2017/2018 telének időjárása	62	Lakatos Mónika: EMS 2018: Az Európai Meteorológiai Társaság ülése Budapesten	142
Bíróné Kircsi Andrea: 2018 nyarának időjárása	150	Megyeri Otilia Anna: A zivatarcella azonosító és követő módszerek alappillérei	88
Bíróné Kircsi Andrea: A 2017. év időjárása	58	Németh Ákos: A Magyar Meteorológiai Társaság Hírei – Rendezvényeink 2017. január 1. és december 31. között	50
Buránszkiné Sallai Márta: Időjárási ismeretek oktatása – egy pedagógiai kísérlet eredményei	177	Oláh Róbert: A zivatarelektromosság magyarázata a graupel részecskék polarizációjával és töltésszállító mechanizmusával a tif (triple interaction facility) működésének példáján	131
Csete Ákos Kristóf és Gulyás Ágnes: A városi zöld infrastruktúra vízgazdálkodási szerepének vizsgálata a csapadék interakcióján keresztül, szegedi példán	118	Pálné Tóth Bernadette és Bonta Imre: Búcsú dr. Tóth Páltól	2
Dunkel Zoltán: A meteorológiai műszerek fejlődése a „kezdetektől” a közelmúltig (Előszó a modern műszerekhez.)	156	Rybár Olivér: A Magyar Meteorológiai Társaság egykori elnöke, Cholnoky Jenő (1870–1950) emlékének ápolása, emlékkő és emléktábla avatás, koszorúzás szülővárosában, Veszprémben	140
Dunkel Zoltán: Beszámoló a Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fórumának 5. Általános Összejöveteléről	146	Sáhó Ágnes: A Magyar Meteorológiai Társaság 37. Vándorgyűlését Veszprémben tartották	138
Folyovich András, Biczó Dávid, Al-Muhanna Nadim, Jarecsny Tamás, Radics Péter, Kazinczy Rita, Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Fejős Ádám, Fisher Antal és Bereczki Dániel: Ischaemiás stroke és szívinfarktus télen. A fellépés és kimenetel összehasonlítása légköri paraméter alapján	84	Sáhó Ágnes: Meteorológiai Világnap – 2018. március 23.	53
Füzi Tamás, Mesterházy Ildikó, Bozó László és Ladányi Márta: Az évi csapadék-eloszlás változásának elemzése indikátoranalízissel a Soproni Borvidékre vonatkozóan az 1957–2016-os időszakban rögzített napi adatok alapján	92	Schmeller Gabriella és Sarkadi Noémi: A részletes mikrofizikai séma alkalmazása a csapadékkémiai folyamatok modellezésében	4
Haszpra László (címlapkép): A hegyhátsáli (46°57'N, 16°39'E) mérőállomás jelenlegi műszerparkja	65	Sürge Evelin, Czelnai Levente, Bali Gergely, Boronyák Virginia, Cséke Dóra Csilla, Demeter Szilvia, Fejes Lilian, Kovács Ádám, Szabó Máté, Szekeres Levente, Szentés László Olivér, Tóth Gabriella, Várkonyi Anikó, Vaszkó András Imre és Virág Szabolcsné Németh Rita: A felszíni talajnedvesség-tartalom és a párolgás numerikus modellezése: gyakorlatok az oktatásban	126
Haszpra László: 25 éves a hegyhátsáli üvegházgáz mérőállomás	100	Szerkesztői üzenet (címlapkép): Tavasz a szőlőben	1
Havasréti Béla: Különböző művelésmódú szőlőültetvények ízeltlábú faunájának vizsgálata	98	Szerkesztői üzenet: A 63. évfolyam (2018) szerzői	195
Hoffmann Lilla: 2018 őszének időjárása	193	Szerkesztői üzenet: A Meteorológiai Világnapon (2018. március 23.) kitüntetettek csoportképe	2
Hoffmann Lilla: 2018 tavaszának időjárása	106	Tóth Róbert: A föld második leghidegebb fővárosában	102
Homolya Emese és Ferenczi Zita: A levegőtisztaság elemzésének egy új lehetősége: SHERPA	112	Tóth Róbert: Jelentős eredményeket ért el a Montreali Jegyzőkönyv első 30 éve	41
Jenki Szilvia (címlapkép): A Margit-híd alatt 2018. október 3-án	109	Tóth Róbert: Réthy Antal nyomában	190
Jenki Szilvia (címlapkép): Köd után	153	Trájer Attila János: Az Aedes Albopictus Skuse (Diptera: Culicidae) Kárpát-medencei terjedését befolyásoló klimatikus tényezők és a klímaváltozás hatása a faj jövőbeli elterjedésére a térségben	75
Károssy Csaba: A Kárpát-medence Péczy-féle makroszinoptikus időjárási helyzeteinek katalógusa, 1881–2015	11	Walkovszky Attila: Volt egyszer egy biometeorológia csoport. Egy aranydiplomás visszaemlékezései	43
Kondor Boglárka: A Budapesten mért főbb légszennyező anyagok tér-és időbeli eloszlásának vizsgálata 2003 és 2014 között	8	Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter: A 2018. évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról	184
Kovács Erik, Puskás János, Bán Zsombor Balázs és Kozma Katalin: Agroklimatológiai vizsgálatok Kőszeg-hegylán és Vas-hegyen	68		

