LÉGKÖR

63. évfolyam 2018. 3. szám

DR. SZEPESI DEZSŐ

Budapest, 1931. május 22. – Budapest, 2018. november 10.

Barát József

Országos Meteorológiai Szolgálat ny. elnöke, *baratjo@gmail.com*

Szepesi Dezső 1931-ben született Budapesten, jómódú polgári családban. A háború után mindenüket elvették. Hogy testvérei éhen ne haljanak, 14 évesen hónapokig vonat tetején utazva batyuzott. Tanulmányait kezdetben elhanyagolta, s megbuktatták. Később autodidaktaként jelesen elvégezte a gimnáziumot, s felvételt nyert az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karára. Az egyetemen az egész évfolyamon egyedül ő volt jeles matematikai analízisből. Meteorológus szakon szerzett egyetemi oklevelet 1955-ben. Tanulópárja Lőrincz Anna volt, akivel összeházasodtak, s házasságukból két gyermek született, Anna és Dezső.

Az egyetem elvégzése után az Országos Meteorológiai Intézet (a mostani Szolgálat jogelődje) Időjárási Kutató Osztályán kezdett dolgozni. 1961-ben védte meg egyetemi doktori értekezését *A Kárpát-medence hegységeinek orografikus csapadékkeltő hatásáról* címmel. Az 1960-as évek közepétől szakmai érdeklődése a levegőszennyeződés terjedésével kapcsolatos kérdések felé fordult, ezen a téman kezdett el dolgozni, s ez az érdeklődés egész életén keresztül megmaradt. Mintegy 100 tudományos értekezés és négy könyv szerzője. Szakmai tájékozottságát tovább fejlesztendő, WMO ösztöndíjasként műholdas, hidrológiai és légszennyeződési tanulmányokat folytatott az Egyesült Államokban. Az ösztöndíjasként elsajátított és megtanult módszert munkatársaival országos modell-rendszerré fejlesztette. Sokáig ez volt a hivatalos módszer, az összes hazai erőmű, gyár tervezésénél ezt alkalmazták. A légszennyezéssel kapcsolatos első nagyobb munkája a kandidátusi értekezése volt, amely nyomtatásban is megjelent *Légszennyező anyagok turbulens diffúziójának meteorológiai föltételei Magyarországon* címmel, és ez számára széleskörű hazai elismertséget szerzett. A kandidátusi fokozatot 1967-ben kapta meg.

Az OMSZ Központi Légkörfizikai Intézetében majd a Központi Meteorológia Intézetben osztályvezetői illetve főosztályvezető beosztásban vezette a levegőszennyeződéssel foglalkozó szakmai egységet, a Levegőkörnyezeti Kutató Főosztályt. Kiemelkedő szakirodalmi tevékenysége mellett, légszennyezési szabványok kidolgozásában működött közre. Tudományok doktora címét az MTA-nak benyújtott, *A légköri kén nagytávolságú transzmissziója* című értekezésére 1980-ban kapta meg. Későbbi fő kutatási területe az eurokonform transzmissziós modellek kidolgozása volt. Kutatói tevékenysége mellett szerepet vállalt az ifjúság szakirányú nevelésében, oktatott is. Oktatói munkáját 1979-ben címzetes egyetemi docens, 1985-ben címzetes egyetemi tanár cím adományozásával ismerték el.

Számos hazai és nemzetközi testületben végzett szakma- és tudományszervezési munkát. Az Időjárás szerkesztőbizottságának 1972-től, az MTA MTB-nak 1975-től, a MAB Nemzeti Bizottságának 1970-től volt tagja. A Környezetvédelmi Célprogram Bizottság munkájában 1973-tól vett részt. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) raportőreként a világban 183 kidolgozott légszennyezés terjedési modellt gyűjtött össze és tekintett át. Ennek a munkának az eredményeként jelent meg angol nyelven a *Compendium of regulatory air quality simulation models* című könyve 1989-ben. A *Levegőkörnyezet* című könyve a hazai környezetvédelem szakembereinek nyújt jelentős segítséget.

Nyugdíjba vonulása után szakmai aktivitása cseppet sem csökkent. A tudományos eredményeket felhasználva a levegőkörnyezettel, levegőminőséggel kapcsolatos tanácsadói munkáját 1991-től, saját tulajdonú betéti társaságban, a Levegőkörnyezet Gazdálkodási Szaktanácsadó Bt.-ben, vállalkozóként végezte. A Magyar Meteorológiai Társaságnak 1952. január elseje óta volt a tagja. Szakmai és közéleti tevékenységét számos kitüntetéssel ismerték el. 1970-ben *Kiváló Dolgozó*, 1980-ban *Pro Natura Emlékérem* kitüntetést kapott. 1981-ben megkapta a *Szabványügyi Hivatal Emlékplakettjé*t. 1989-ben *Kiváló Munkáért* elismerést vehetett át. 2003-ban kapta meg a *Schenzl Guidó* miniszteri díjat a levegőkörnyezet minőségének tudományos vizsgálatában elért eredményeiért. 2008-ban aranydiplomát vehetett át az ELTE-n.

Egy washingtoni környezeti konferencián kollégáival még Mrs. Nixon fogadásán is részt vett a Fehér Házban. Ösztöndíjas korában kint akarták marasztalni, de ő hazajött. Az OMSZ keretében, az új gazdasági mechanizmus idején akarta megvalósítani terveit, ahogyan mondta: „itt csinálok Amerikát”. Sok fiatal szakmai nevelésével foglalkozott, akik később külföldi cégeknél, minisztériumokban kaptak állást.

Búcsúzunk Tőled Dezső, nyugodj békében!

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

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és 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.

LÉGKÖR
63. évfolyam
2018. 3. szám

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:
HM Zrínyi NKft.
nyomdájában
725 példányban

Felelős vezető:
Benkóczy Zoltán
ügyvezető igazgató

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: A Margit-híd alatt 2018. október 3-án (Jenki Szilvia felvétele) 109
Barát József: **Dr. Szepesi Dezső (1931–2018)** 110
Szerzőink figyelmébe 110

TANULMÁNYOK
Homolya Emese és Ferenczi Zita**: A levegőminőség elemzésének egy új lehetősége: SHERPA** 112
Csete Ákos Kristóf és Gulyás Ágnes**: A városi zöld infrastruktúra vízgazdálkodási szerepének vizsgálata a csapadék interakcióján keresztül, szegedi példán** 118
Sürge Evelin, Czelnai Levente, Bali Gergely, Boronyák Virgínia, Cséke Dóra Csilla, Demeter Szilvia, Fejes Lilian, Kovács Ádám, Szabó Máté, Szekeres Levente, Szentes 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
Oláh Róbert: **A zivatarelektromosság magyarázata a graupel részecskék polarizációjával és töltésszállító mechanizmusával a tif (triple interaction facility) működésének példáján** 131

KRÓNIKA
Sáhó Ágnes: **A Magyar Meteorológiai Társaság 37. Vándorgyűlését Veszprémben tartották** 138
Rybár Olivér: **A Magyar Meteorológiai Társaság egykori elnöke, Cholnoky Jenő (1870–1950) emlékének ápolása, emlékkő és emléktábla avatás, koszorúzás szülővárosában, Veszprémben** 140
Lakatos Mónika: **EMS 2018: Az Európai Meteorológiai Társaság ülése Budapesten** 142
Dunkel Zoltán: **Beszámoló a Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fórumának 5. Általános Összejöveteléről** 146
Krivánné Horváth Ágnes: **Földtudományos Forgatag – 2018** 148
Bíróné Kircsi Andrea: **2018 nyarának időjárása** 150

LIST OF CONTENTS

***COVER PAGE:* Under Margaret bridge 3 October 2018** (Szilvia Jenki's photo) 109
József Barát: **Dr. Dezső Szepesi (1931-2018)** 110
Instructions to authors of LÉGKÖR 110

STUDIES
Emese Homolya and Zita Ferenczi**: A New Tool for Assessment of the Air Quality: SHERPA** 112
Ákos Kristóf Csete and Ágnes Gulyás: **The Role of Urban Green Infrastructure in Sustainable Water Management through the Interaction of Precipitation, Case Study in Szeged** 118
Evelin Sürge, Levente Czelnai, Gergely Bali, Virgínia Boronyák, Dóra Csilla Cséke, Szilvia Demeter, Lilian Fejes, Ádám Kovács, Máté Szabó, Levente Szekeres, László Olivér Szentes, Gabriella Tóth, Anikó Várkonyi, András Imre Vaszkó, and Rita Virág-Szabolcsné Németh: **Numerical Modelling of the Bare Soil Surface Moisture Content and Evaporation: Educational Exercise** 126
Róbert Oláh: **Explanation of the Storm Electricity by the Graupel Particle Polarization and their Charge Transport Mechanism with the Example of Functioning of TIF (Triple Interaction Facility)** 131

CHRONICLE
Ágnes Sáhó: **The 37th Biannual Itinerary Conference of Hungarian Meteorological Society was held In Veszprém** 138
Olivér Rybár: **Memory Care of Jenő Cholnoky (1870–1950) Former President of the Hungarian Meteorological Society in his Hometown, Veszprém: Inauguration of Memorial Stone and Plaque, Wreath Laying** 140
Mónika Lakatos: **EMS 2018: The EMS Annual Meeting 2018 was held in Budapest** 142
Zoltán Dunkel: **Report about the International Forum of Meteorological Societies General Meeting 5** 146
Ágnes Krivánné-Horváth: **Earth Science 'Whirl' – 2018** 148
Andrea Bíróné-Kircsi: **Weather of Summer 2018** 150

A LEVEGŐMINŐSÉG ELEMZÉSÉNEK EGY ÚJ LEHETŐSÉGE: SHERPA

A NEW TOOL FOR ASSESSMENT OF THE AIR QUALITY: SHERPA

Homolya Emese, Ferenczi Zita

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1181 Budapest, Gilice tér 39., *homolya.e@met.hu, ferenczi.z@met.hu*

Összefoglalás. A levegőminőségi modelleknek, bonyolultságuk, eltérő számítástechnikai igényük, alkalmazhatóságuk tekintetében többféle típusát különíthetjük el, viszont minden esetben a szennyezőanyag-kibocsátás és a környezetben kialakuló koncentrációk közti kapcsolatot írják le. Általános összetettségükből adódóan jellemzően számításigényesek, így egy időben csak korlátozott számú szimuláció elvégzését teszik lehetővé. A számításigény csökkentésére forrás-receptor kapcsolatokon alapuló egyszerűsített modelleket hozhatunk létre, amelyek egyszerűsített formában adják vissza a teljes levegőminőségi modell viselkedését. Cikkünkben egy ilyen, forrás-receptor kapcsolatokon alapuló levegőminőség kiértékelő eszköz, az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (European Commission Joint Research Centre) által fejlesztett SHERPA szoftver elméleti hátterét és gyakorlati alkalmazhatóságát mutatjuk be.

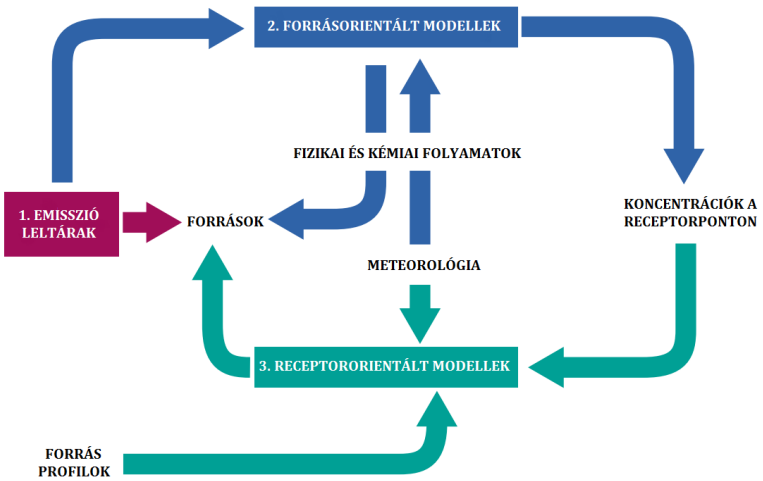
Abstract. Air quality models are diverse regarding their complexity, computer requirements and application, however, a common feature is that they are capable of describing the connection between emission of pollutants and concentrations evolving in the environment. Due to the models' complexity in general, the calculations are typically time consuming, and therefore enable a limited number of simulations at once. It is possible to develop simplified models based on source-receptor relationships in order to decrease computation time. These models reproduce the behaviour of the full air quality model in a simplified way. We present here the theoretical background and a practical application of such a simplified source-receptor model called SHERPA, which is developed by European Commission Joint Research Centre and used for the assessment of air quality.

Bevezetés. Az elmúlt évtizedekben a különféle légszennyező anyagok emissziójának csökkentésére irányuló törekvéseknek köszönhetően Európa levegőminősége jelentősen javult. Európa-szerte több ezer állomáson történik a levegőminőség folyamatos megfigyelése, a szennyezőanyagok koncentrációs szintjének nyomon követése. A megfigyelési adatok sok hasznos információt szolgáltatnak, azonban a levegőminőség komplex vizsgálata ma már elképzelhetetlen levegőminőségi modellek alkalmazása nélkül. Míg ezeket a szoftvereket néhány évtizede még csak a kutatóintézetek alkalmazták, elsősorban kutatási céllal, addig manapság elterjedten használatosak a levegőminőségi vizsgálatok során. Ezek a modellek nagyon sokfélék, bonyolultságuk, számítástechnikai igényük nagyon eltérő, azonban közös bennük, hogy a szennyezőanyag-kibocsátás és a környezetben kialakuló koncentrációk közti kapcsolatot írják le.

A levegőminőségi modelleknek alapvetően két típusát különböztetjük meg *(1. ábra)*. Attól függően, hogy elemzésünk során a kibocsátás forrására, vagy a receptorpontokra vonatkozó ismereteinkből indulunk ki, forrás- vagy receptor-orientált modellekről beszélünk.

A forrás-orientált – vagy legelfogadottabb nevükön a kémiai transzport – modellek a terjedési, kémiai és a kiülepedési folyamatok, valamint a köztük lévő kölcsönhatások matematikai leírásán alapulnak. Alkalmazási lehetőségük a levegőkémia számos kutatási területére kiterjed, lehetőséget nyújtanak annak elemzésére is, hogy adott kibocsátáscsökkentés az immisszió milyen változását vonja maga után.

A receptor-orientált modellek adott pont közvetlen környezetére jellemző tulajdonságokat és azok megváltozásait veszik elsőként figyelembe, a mért koncentrációkat arányítják az emissziós forrásokhoz, egy tömegegyensúlyi egyenlet többváltozós analízis révén történő megoldásával. Ezeknek a módszereknek előnye, hogy valós méréseket használnak fel a számításokhoz, az eredmény bizonytalanságát is megadják, azonban erősen reaktív szennyezőanyagok esetében alkalmazhatóságuk korlátozott. Leggyakrabban annak meghatározására használatosak, hogy adott területen kialakuló szennyezőanyag koncentrációkhoz a különféle források milyen mértékben járulnak hozzá.



1. ábra: A forrásazonosítás becslésére alkalmazott módszerek sematikus ábrázolása (Belis et al., 2014)

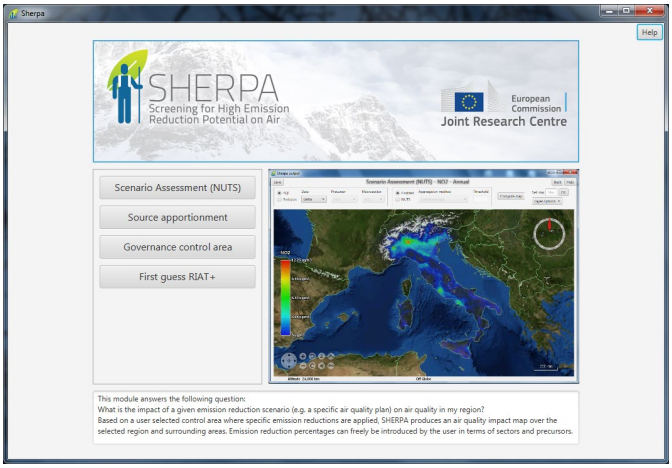
Egyéb módszerekkel ötvözve, úgy mint az emisszióleltárak számbavétele vagy terjedési modellek alkalmazása, az eredmények együttes kiértékelésével fokozható a módszerek hatékonysága.

A levegőminőségi modellek, általános összetettségükből adódóan, rendkívül számításigényesek, így egyidőben csak korlátozott számú szcenárió szimulálását teszik lehetővé. Ennek kiküszöbölésére forrás-receptor kapcsolatokon alapuló egyszerűsített modelleket hozhatunk létre, amelyek egyszerűsített formában adják vissza a teljes le-

vegőminőségi modell viselkedését. Általában akkor alkalmazzuk ezeket a modelleket, amikor rövid idő áll rendelkezésre a szcenáriók értékelésére, de abban az esetben is nagyon hasznosak lehetnek, amikor többféle lehetséges emissziócsökkentési forgatókönyv hatását kívánjuk elemezni.

A szakirodalomban sok példát találhatunk a módszer alkalmazására, ezek többsége azonban nagyszámú szimulációt igényel a forrás-receptor kapcsolatok definiálásához. Egyes módszerek érzékenységi együtthatókat határoznak meg egy kezdeti, nemlineáris parciális differenciálegyenlet-rendszer megoldására alapozva, amely együtthatók a kibocsátások hatását írják le a szennyezőanyag koncentrációkra. Az alkalmazott módszerek általában a források és a receptorok előzetes definiálását igénylik, amelyek számának növekedésével a számításigény is növekszik.

Ilyen, forrás-receptor kapcsolatokon alapuló módszerekre épül a SHERPA levegőminőség kiértékelő eszköz *(2. ábra)*. Segítségével kiszámítható, hogy adott emisszziócsökkentés milyen változást idéz elő a levegő minőségében, az intézkedések meghozatala során mely kibocsátási szektorokra (forrástípusokra) és szennyezőanyagokra érdemes összpontosítani, továbbá az is meghatározható, hogy a helyi levegőszennyezéshez a szomszédos területek milyen arányban járulnak hozzá. A számítások alapját az INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques – Ipari Környezet és Kockázatok Nemzeti Intézete, Franciaország) által elkészített rácsponti emisszió leltár, valamint a CHIMERE kémiai transzport modell számítási eredményei képezik. A szoftver célja a levegőminőség javítására irányuló regionális szintű tervek kidolgozásának támogatása.



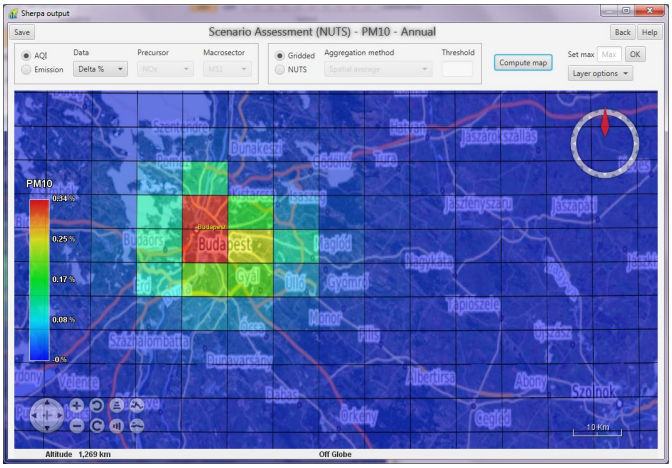
2. ábra: A SHERPA nyitóképernyője

Forrás-receptor kapcsolatokra alapozott modellezés. A forrás-receptor kapcsolatok alakulásának vizsgálatával (a modell válaszának éves átlagaira összpontosítva) foglalkozik *Clappier et al*. 2015-ben megjelent tanulmánya. Az általuk alkalmazott rendszer alapját egy Euler-típusú levegőminőségi modell képezi, melyben a forrás-receptor kapcsolatok kialakítása kísérleti alapon történt. A kísérlet a következő lépésekből tevődött össze:

1. a teljes levegőminőségi modell futtatása kiválasztott meteorológiai viszonyok mellett,
2. az egyszerűsített modell tervezése úgy, hogy a lehető legjobban adja vissza a levegőminőségi modell forrás-receptor összefüggéseit,
3. a modell validálása független szimulációk sorozatával.

Lényeges, hogy az egyszerűsített modell a vizsgálat céljának szempontjából jól reprezentálja az összetett levegőminőségi modell viselkedését, és a feltételezések érvényessége ne sérüljön a számítások során. A módszer elsődleges előnyei, hogy kevesebb szimuláció szükséges a modell felfuttatásához (első lépés), valamint hogy rugalmas a forrás definiálását tekintve.

A vizsgálati tartomány egy adott földrajzi terület, amelyre a levegőminőségi modellezést elvégezzük. Habár a tartományban a kibocsátás és a koncentráció értékek is ugyanarra a térrácsra adva állnak rendelkezésre, különbséget teszünk a kibocsátási és a receptor rácshálók között. Alapértelmezés szerint minden receptor hálóelem kapcsolódik minden forrás hálóelemhez, emellett a különféle kibocsátott elővegyületek (prekurzorok) egyenként befolyásolják az immissziót, vagyis minden egyes forráselemből származó minden elővegyület kibocsátás hozzájárul minden egyes receptorelem koncentrációjához. Ezek a kapcsolatok matematikailag különféle nemlineáris függvények segítségével írhatók le. A nemlineáris függvény alakja határozza meg, hogy hány darab érzékenységi együtthatóra van szükség adott elővegyület emisszió és receptorpont közti matematikai összefüggés definiálásához. Lineáris jellegű kapcsolat esetén egyetlen együttható elegendő egy forrás és egy receptorpont összekapcsolásához, a nemlinearitás növekedésével az együtthatók száma is növekszik.

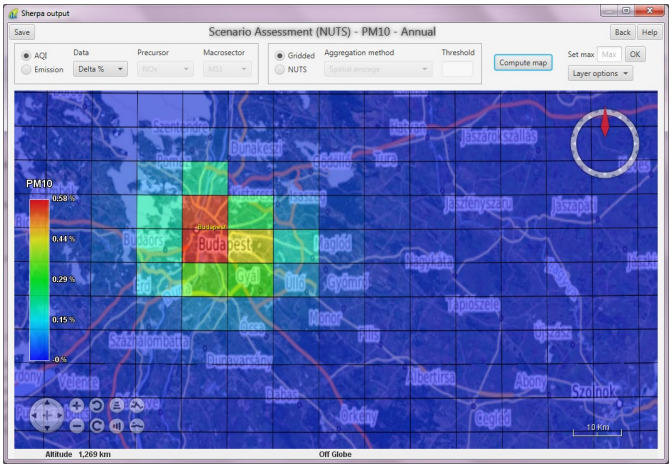


3. ábra: A közúti közlekedésből (MS7) származó PM_{10} kibocsátás 10%-os csökkentésének hatása Budapest levegőminőségére.

Thunis et al. (2015) PM_{10} részecskékre végzett elemzése alapján arra a következtetésre jutott, hogy éves, valamint évszakos skálán a nemlinearitás hatásai elhanyagolhatók, az összefüggések így lineárisnak tekinthetők. Nehézséget okoz azonban, hogy az ismeretlenek nagy száma révén a teljes levegőminőségi modell egyenleteinek megoldása során könnyen túlléphető a kezelhető mennyiségű szimuláció maximális száma.

Forrás-receptor elemek csoportosítása. A feladat egyszerűsíthető a forrás és/vagy a receptor elemek csoportosításával (aggregálásával), melynek során feltételezzük, hogy az érzékenységi együtthatók állandók a hálóelemek egy-egy együttesén.

Rögzített forráscsoport – egy receptor elem. A forráselemekből csoportokat hozhatunk létre a földrajzi elemeknek megfelelően (országok, régiók, azok csoportjai), a receptorok továbbra is az egyedülálló hálóelemek. Az ismeretlenek száma a kialakított csoportok száma szerint csökken.
Előnye a módszernek, hogy csökken a számítandó szcenáriók száma, hátrány viszont, hogy a forráscsoportok előre definiáltak, így rögzítettek, ami a térbeli felbontás rögzítését is jelenti, így a választott földrajzi elemek területén belül eső, kisebb területű források hatása nem elemezhető. Olyan módon növelhető csak a térbeli felbontás, ha újabb szcenáriók szimulációját végezzük el a levegőminőségi modellel, ezzel viszont a számítások gyorsan időigényessé válnak.



4. ábra: A lakossági tüzelésből (MS2) származó PM_{10} kibocsátás 10%-os csökkentésének hatása Budapest levegőminőségére.

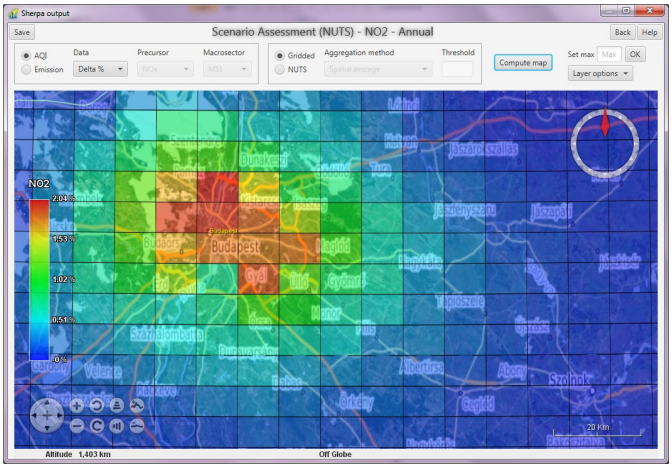
Mozgó forráscsoport – egy receptor elem. Mozgó forráscsoport kialakítása esetén adott szerkezetű forráscsoportot rendelünk minden receptorhoz, a csoportok a tartományon belül így – receptorról receptorra – változtatják a helyzetüket, a receptorhoz képesti elhelyezkedésük azonban mindig ugyanolyan. Két lehetséges módja a csoportok kialakításának:

- Kvadránsok: négy kvadráns tartozik minden receptorhoz. Az ismeretlenek száma ezzel számottevően lecsökken, hátrány viszont, hogy a rövid és hosszú távú kibocsátásokra ugyanez az egyedi elrendezés használatos.
- Gyűrűs elrendezés: a kvadránsokhoz hasonló módszer, azzal, hogy az egyes csoportelemek a receptor körül egyre szélesedő gyűrűkben elrendezve helyezkednek el. Ezzel a módszerrel növelhető a kibocsátások hatásainak elemzésére alkalmazott térbeli felbontás.

A mozgó forráscsoportok nem kötöttek az összetett levegőminőségi modellel végzett szimulációkhoz megadott csoport területekhez, így a terület, amelyre az emisszió-csökkentést bevezetjük, utólag is definiálható, ezáltal rugalmasságot biztosítanak a forrás-receptor kapcsolatokon alapuló modellek alkalmazásában.

Receptorcsoportosítás. További lehetőség a szimulációk számának csökkentésére, ha feltételezzük, hogy adott területen található receptorok azonos mértékben részesülnek a vizsgált emissziós hatásokból. Ezeket a területeket, ahol az érzékenységi együtthatókat konstansnak feltételezzük, a nemzetközi irodalomban szereplő „receptor window” kifejezés magyar megfelelőjeként receptor ablakoknak nevezzük.
Az előbbiekben bemutatott módon kialakított egyenletrendszerben az ismeretlenek számát a forráscsoportok és az elővegyületek együttes száma határozza meg, a kiszámításukhoz szükséges szcenáriók számát pedig a receptor ablak mérete befolyásolja.

A SHERPA levegőminőség-elemző szoftver. A SHERPA (Screening for High Emission Reduction Potential on Air) az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (European Commission Joint Research Centre) által kifejlesztett levegőminőség értékelő eszköz, melynek célja a levegőminőség javítására irányuló regionális szintű tervek kidolgozásának támogatása. Segítségével kiszámítható,



5. ábra: A közúti közlekedésből (MS7) származó NO_2 kibocsátás 10%-os csökkentésének hatása Budapest levegőminőségére.

hogy adott emissziócsökkentés milyen változást idéz elő a levegő minőségében.
A SHERPA egész Európát lefedő, nagyjából 7 km x 7 km-es felbontású, előre definiált, az emisszió leltárakat is magukba foglaló bemeneti adatokkal dolgozik, lehetővé téve bármilyen, Európán belüli térségre irányuló levegőminőségi intézkedések hatásainak elemzését. Rugalmasságából adódóan helyi szinten előállított, nagyfelbontású adatok feldolgozására is alkalmas.
A szoftver célja, hogy segítse a döntéshozókat az elérhető maximális levegőminőség javuláshoz vezető lokális intézkedések meghozatalában és annak azonosításában, hogy ehhez mely szektorokra és szennyezőanyagokra érdemes összpontosítani. Kiszámítható továbbá az is, hogy a helyi levegőszennyezéshez a szomszédos területek milyen arányban járulnak hozzá.
A program alapképernyőjéről négy különböző modult érhetünk el. A „Scenario Assessment (NUTS)” modul adott kibocsátáscsökkentés levegőminőségre gyakorolt hatását jeleníti meg a felhasználó által megadott területre (NUTS régiók: *1. táblázat)* és környezetére. A kibocsátás csökkentést a felhasználó szektorokra *(2. táblázat*;

EMEP, 2013) és elővegyületekre is szabadon definiálhatja. Az értékeket százalékos arányban adhatjuk meg.
A „Source Apportionment" modul becslést ad arra vonatkozóan, hogy egy adott kibocsátáscsökkentési forgatókönyv mellett a teljes várható hatáshoz a különféle kibocsátási szektorok és az egyes elővegyületek hogyan járulnak hozzá, a „Governance Control Area" modul segítségével pedig arra kapunk választ, hogy mekkora legyen a kontrol terület kiterjedése a levegőminőség javítására

1. táblázat: Magyarországra eső NUTS régiók a SHERPA programrendszerben

NUTS 0 – HU – Magyarország		
NUTS 1	NUTS 2	NUTS 3
HU1 – Közép-Magyarország	HU10 – Közép-Magyarország	HU101 – Budapest
		HU102 – Pest
HU2 – Dunántúl	HU21 – Közép-Dunántúl	HU211 – Fejér
		HU212 – Komárom-Esztergom
		HU213 – Veszprém
	HU22 – Nyugat-Dunántúl	HU221 – Győr-Moson-Sopron
		HU222 – Vas
		HU223 – Zala
	HU23 – Dél-Dunántúl	HU231 – Baranya
		HU232 – Somogy
		HU233 – Tolna
HU3 – Alföld és Észak	HU31 – Észak-Magyarország	HU311 – Borsod-Abaúj-Zemplén
		HU312 – Heves
		HU313 – Nógrád
	HU32 – Észak-Alföld	HU321 – Hajdú-Bihar
		HU322 – Jász-Nagykun-Szolnok
		HU323 – Szabolcs-Szatmár-Bereg
	HU33 – Dél-Alföld	HU331 – Bács-Kiskun
		HU332 – Békés
		HU333 – Csongrád

2. táblázat: Kibocsátási makro-szektorok a SHERPA programrendszerben

MS1	Energiaipari tüzelés
MS2	Nem ipari tüzelés (pl. épületek energiafelhasználása)
MS3	Feldolgozóipari tüzelés
MS4	Termelési folyamatok
MS5	Fosszilis tüzelőanyagok és geotermikus energia kinyerése és elszállítása
MS6	Oldószerek és egyéb termékek felhasználása
MS7	Közúti szállítás
MS8	Egyéb mobil források és gépek
MS9	Hulladékkezelés
MS10	Mezőgazdaság

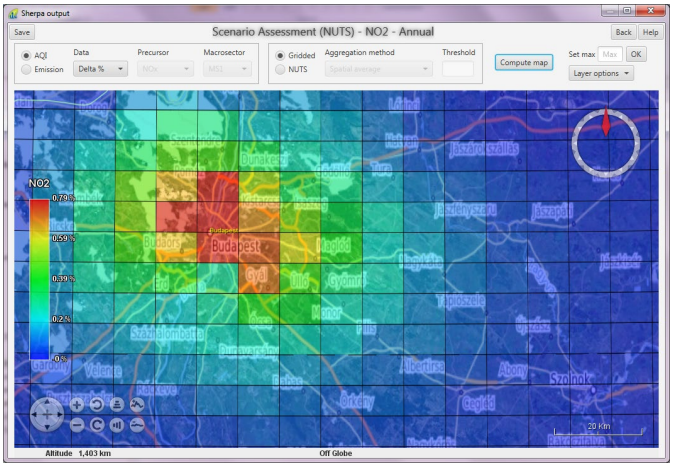
szolgáló intézkedések optimalizálásához.
„First guess" adatok adott területi egységre egy beépített – RIAT+ elnevezésű – alkalmazás révén nyerhetők (RIAT+ First Guess modul). A RIAT+ egy regionális skálájú integrált értékelő eszköz *(Regional Integrated Assessment Modelling Tool)*, amely az Opera projekt keretében került kidolgozásra, azzal a céllal, hogy segítse a döntéshozókat az optimális, lehető legkevesebb költséggel járó, a levegőszennyezettség csökkentését célzó intézkedések kidolgozásában *(Carnevale et al.*, 2012).
A térképi formában megjelenő eredmények – emisszió vagy koncentráció értékek – rácshálón, vagy területi egységekre (NUTS: Nomenclature of Territorial Units for Statistics *(EC – eurostat, RAMON))* vonatkoztatva ábrázolhatók. Megjeleníthetők a kibocsátáscsökkentés mellett számított abszolút koncentráció adatok, valamint a bázisértékek és a szcenárió kivitelezését követően kapott eredmények közti abszolút és relatív különbségek is. Emisszió esetén ugyanígy történhet az ábrázolás, a különféle vegyületekre és szektorokra külön-külön. Nagyobb térbeli skálán a megjelenítés interpolációs technikával, kisebb területre közelítve rácshálón történik.
Ha területi egységekre vonatkoztatva ábrázoljuk az eredményeket, a hozzájuk tartozó hálóelemek értékei átlagolódnak, amely három különböző módszerrel történhet: a hálóelemek területe szerinti átlagolással, lakosság szerinti súlyozott átlagok kiszámításával, vagy arra is van lehetőség, hogy az átlagszámításhoz csak egy előre definiált, a bázishoz kötött küszöbértéket meghaladó hálóelemeket vegyünk figyelembe.

Magyarország levegőminőségének vizsgálata a SHERPA-val. Ebben a fejezetben gyakorlati példákon mutatjuk be a SHERPA két moduljának (a „Scenario Assessment (NUTS)" és a „Source Apportionment") használatát, valamint azt, hogy a számítási eredmények hogyan segíthetik a levegőminőség javítását célzó intézkedések helyes meghozatalát.

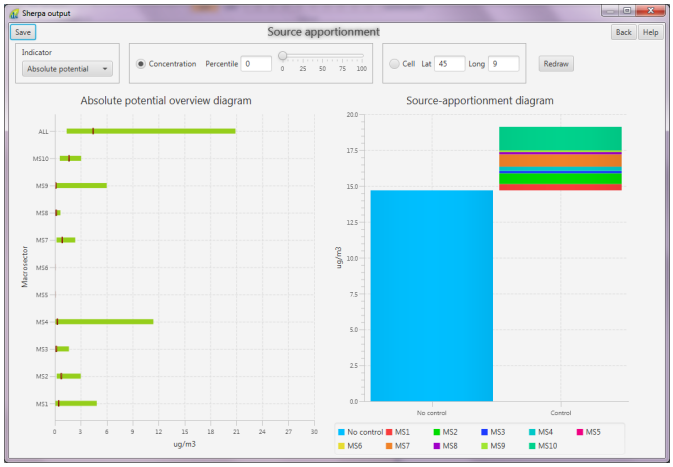
Az emissziócsökkentés hatása a levegőminőségre – „Scenario Assessment (NUTS)". Ahogy már az előző fejezetben említésre került, a „Scenario Assessment" modul segítségével adott kibocsátáscsökkentés levegőminőségre gyakorolt hatását lehet vizsgálni. Munkánkban annak elemzését tűztük ki célul, hogy a szállópor, valamint a nitrogén-oxidok kibocsátásának adott mértékű és adott forrástípust (makro-szektort) érintő csökkentése a levegőminőség milyen változását eredményezi. Az emissziócsökkentés mértékét minden esetben 10%-nak definiáltuk, a közúti szállítás (MS7), valamint a nem ipari tüzelés (MS2) tekintetében. Az elemzést a SHERPA felhasználásával készítettük el.
A számítások alapját az INERIS által elkészített rácsponti emisszió leltár, valamint a CHIMERE kémiai transzport modell számítási eredményei képezik. Első lépésben meg kell adnunk a kibocsátáscsökkentés mértékének százalékos arányát, melyet a SHERPA-ban régiókra tudunk bevezetni. Magyarországi viszonylatban ezek a megyéknek felelnek meg, annál kisebb felbontásban, így városokra nem tudunk elemzést készíteni. Kivételt képez ez alól Budapest, amely önmagában egy régiót képvisel, a vizsgált területnek ezért Budapestet választottuk.
A *3.* és a *4. ábrá*k a közlekedésből (MS7), valamint a lakossági tüzelésből (MS2) származó PM_{10} kibocsátás 10%-os csökkentésének hatását ábrázolják Budapest területén.
Az ábrák alapján láthatjuk, hogy a kibocsátáscsökkentés hatása mindkét kibocsátási szektor esetében térben ugyanolyan eloszlásban érvényesül, a belváros területeit

erőteljesebben érinti, mint a külső régiókat. A csökkenés mértéke azonban eltér. Az eredményekből levonhatjuk azt a következtetést, hogy – bár tudjuk, hogy a közlekedésből származó emisszió számottevő hányadát képezi az összes antropogén eredetű szállópor-kibocsátásnak – a lakossági tüzelésből származó emisszió még inkább meghatározó, tehát, a lakossági tüzelés visszafogásával eredményesebben járulhatunk hozzá a PM_{10} koncentrációk csökkentéséhez Budapest esetében. Az *5.* és a *6. ábrá*kon megfigyelhetjük, milyen eredményekhez jutunk NO_2 esetén.

A NO_2 koncentrációk a számítások szerint – a PM_{10}-el ellentétben – a közúti közlekedés korlátozásával hatékonyabban csökkenthetők, mint a lakossági tüzelés visszafogásával. Ugyanakkora mértékű emissziócsökkentés a NO_2 esetében láthatóan nagyobb változást idéz elő az immisszióban, mint a szállópor esetén.
Érdemes megfigyelni, hogy egy viszonylag magas – 10%-os – emissziócsökkentés is mindegyik vizsgált esetben legfeljebb csak 1–2%-os levegőminőség javulást hoz magával.



6. ábra: A lakossági tüzelésből (MS2) származó NO_2 kibocsátás 10%-os csökkentésének hatása Budapest levegőminőségére.



7. ábra: Magyarország PM_{10} szennyezettségét meghatározó források azonosítása.

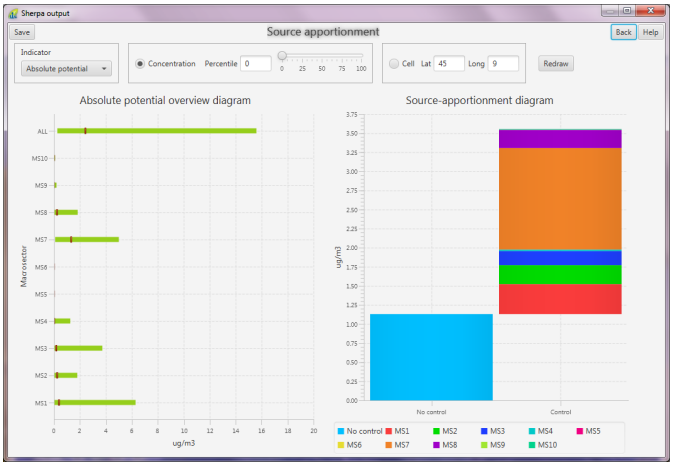
Ez arra vezethető vissza, hogy adott térségben kialakult levegőszennyezés nemcsak a helyi kibocsátásoktól, hanem a nagytérségi transzport folyamatoktól is függ. A helyi intézkedések a helyi emisszióra vannak hatással, a távolabbról érkező szennyezőanyag mennyisége ilyenformán nem korlátozható. A helyi kibocsátás korlátozásának következtében azonban az onnan elszállított szennyezőanyagok mennyisége is csökken, így kisebb terheléssel bír a kérdéses terület a környezetére.

Forrástípusok hozzájárulása az immisszióhoz – „Source Apportionment”. A következő vizsgálati módszer a „Source Apportionment”, amelynek segítségével lehetőség van annak becslésére, hogy adott kibocsátáscsökkentés mellett a teljes várható hatáshoz a különféle kibocsátási szektorok és az egyes elővegyületek hogyan járulnak hozzá. Ennél a vizsgálati módszernél Magyarországot választottuk ki, mint vizsgálati területet. Az volt a célunk, hogy meghatározzuk, hogy az egyes emissziós szektorok milyen arányban járulnak hozzá néhány kiválasztott városban a kialakuló NO_2 és PM_{10} szennyezettséghez. Az ilyen típusú információ nagyban segítheti a döntéshozókat abban, hogy ha a város levegőminőségét szándékoznak javítani, akkor mely emissziós szektorok esetében célszerű csökkentést eredményező intézkedést foganatosítani. Példánkban a hatásokat Magyarország nagyvárosaira, valamint K-puszta háttérszennyezettség-mérő állomásra vonatkozóan írattuk ki NO_2 és PM_{10} esetében.
A modul elkülöníti a nagytérségi transzporttal érkező – vagyis nem kontrollálható – emissziót a helyi kibocsátásoktól, a szektorok szerinti bontást csak az utóbbira adja meg. A *3. táblázat* a kontrollálható, helyi kibocsátás mennyiségének százalékos arányait foglalja össze, a teljes szennyezéshez képest.
A táblázatban szereplő értékeket figyelve szembetűnő, hogy a NO_2 szennyezés mennyisége számottevően nagyobb arányban származik a helyi kibocsátásokból, mint PM_{10} esetén, ahol nagyobb szerephez jut a nagytérségi transzport. A vizsgált városok teljes helyi NO_2 emissziójához az eredmények alapján leginkább a közúti szállítás (MS7), az energiaipari tüzelés (MS1) és a nem ipari (elsősorban lakossági) tüzelés (MS2) szektorai járulnak hozzá. A PM_{10} esetében a legnagyobb kibocsátással járó szektorokként a mezőgazdaságot, valamint újfent a nem ipari tüzelést és a közúti szállítást azonosítottuk.
A *7.* és a *8. ábrá*kon a meghatározó emissziós szektorok hatása látható PM_{10} és NO_2 esetében Magyarország egész területére nézve, százalékos arányban. Az ábrákon megjelenik egy plusz *„No control”*-lal jelölt rész is, amely azt az arányt adja meg az adott légszennyező esetében, amelyre a vizsgált területnek nincs hatása, vagyis távolabbi területekről érkezik. Magyarországon NO_2 esetében ez az arány országos átlagban 33%, míg PM_{10} esetében 77%. Ez azt jelenti, hogy a PM_{10} szennyezettség 77%-a, míg az NO_2 mennyiség 33%-a határon túli forrásokból származik. Természetesen ezek az értékek jelentős térbeli változékonyságot mutatnak az ország területét tekintve.
A vizsgált légszennyezők helyi emissziójának legnagyobb mennyisége országos átlagban a közúti szállításból és a tüzelésből származik, a PM_{10} esetében érdekes módon ezek mellett a mezőgazdaság szerepe igen jelentős (véleményünk szerint túlreprezentált).
Megjegyezzük, hogy értékelésünk alapján a program az ipari folyamatok hatását Magyarországon jelentősen felülbecsüli, melynek oka valószínűsíthetően a rácsponti

emissziós adatbázis pontatlanságában keresendő. A SHERPA számításainak hátterét képező kiindulási koncentráció mező a CHIMERE kémiai transzport modell segítségével végzett szimuláció eredményeként áll elő. Magyarország területén ez a számolt koncentrációmező PM_{10} esetében alacsonyabb, míg NO_2 esetében jóval alacsonyabb átlagkoncentráció értékeket tartalmaz, mint az OLM (Országos Levegőminőségi Mérőhálózat) által mért éves átlagok. Várható, hogy a SHERPA háttér adatbázisa a közeljövőben frissülni fog, mivel a 2015-ös rácsponti emissziós adatbázis előállítása 2017 közepére minden európai állam számára kötelezettség. A korábbi években Európa államainak többsége nem rácsponti emissziós adatokat jelentett, hanem nemzeti összértékeket adott meg szennyezőnként és szektoronként. Néhány európai kutatóközpontban (pl. INERIS, EMEP, TNO) a rácsponti emissziós adatbázist a nemzeti bevallások felhasználásával készítették el és tették nyilvánossá. Érthető módon ezek az adatbázisok a helyi specialitásokat nem tudták figyelembe venni, azonban várhatóan a 2017-ben kiadásra kerülő 2015-ös rácsponti emissziós adatbázis ebből a szempontból pontosabb lesz, mivel a nemzeti összértékek rácspontokra történő szétosztását már az államok maguk készítik el. A SHERPA háttér adatbázisának frissítése ezért mindenképpen hatással lesz a számítási eredményekre, amelyek várhatóan jobban fogják tükrözni a valóságot és ezáltal még hatékonyabban használhatók majd fel a Levegőminőségi Tervek készítése során hazánkban is.

3. táblázat: A kontrollálható NO_2 és PM_{10} szennyezés aránya (%) a vizsgált településeken a SHERPA alapján.

Város	NO_2 (%)	PM_{10} (%)
Pécs	86	23
Miskolc	91	32
Budapest	76	54
K-puszta	83	31
Győr	72	28
Szeged	85	26
Országos átlag	67	23



8. ábra: Magyarország NO_2 szennyezettségét meghatározó források azonosítása.

Összefoglalás. A levegőminőségi modellek a szennyezőanyag kibocsátás és a környezetben kialakuló koncentrációk közti kapcsolatot írják le. Lehetőséget nyújtanak annak elemzésére, hogy adott kibocsátáscsökkentés az immisszió milyen változását vonja maga után. Cikkünkben egy speciális, a levegőminőség komplex vizsgálatára alkalmas eszközt, a SHERPA-t és annak felhasználási lehetőségeit mutattuk be. A SHERPA egész Európát lefedő, nagyjából 7 km x 7 km-es felbontású, előre definiált, az emisszió leltárakat is magukba foglaló bemeneti adatokkal dolgozik, lehetővé téve bármilyen, Európán belüli térségre irányuló levegőminőségi intézkedések hatásainak elemzését. A számításaink hátterét jelentő kiindulási koncentrációmező az INERIS által elkészített rácsponti emisszió leltár és a CHIMERE kémiai transzport modellel végzett szimuláció eredményeinek együtteseként állt elő. Munkánkban annak elemzését tűztük ki célul, hogy a szállópor, valamint a nitrogén-oxidok kibocsátásának adott mértékű és adott forrástípust érintő csökkentése a levegőminőség milyen változását eredményezi. Az emissziócsökkentés mértékét minden esetben 10%-nak definiáltuk, a közúti közlekedést, valamint a lakossági tüzelést érintően. Az eredményekből azt láthatjuk, hogy a szállópor elsődleges antropogén eredetű forrása a lakossági tüzelés, a NO_2 emisszió tekintetében pedig a közlekedés a meghatározó. A PM_{10} koncentrációk csökkentéséhez így a lakossági tüzelés, a NO_2 szennyezettség mérsékléséhez a közúti közlekedés korlátozásával járulhatunk hozzá a leghatékonyabban. Kimutatható, hogy a helyi levegőszennyezettség nagymértékben függ a nagytérségi transzportfolyamatoktól is. A vizsgált légszennyező anyagok helyi emissziója országos átlagban elsősorban a közúti szállításból és a tüzelésből származik, a PM_{10} kibocsátás esetén pedig a mezőgazdasági szektor hatása is jelentős.

Irodalom

Belis, C. A., Larsen, B. R., Amato, F., El Haddad, I., Favez, O., Harrison, R. M., Hopke, P. K., Pentti Paatero, S. N., Prévôt, A., Quass, U., Vecchi, R, and Viana, M., 2014: European guide on air pollution source apportionment with receptor models. *Report EUR, 26080*.

Carnevale, C., Finzi, G., Pisoni, E., Volta, M., Guariso, G., Gianfreda, R., Maffeis, G., Thunis, P., White, L. and Triacchini, G., 2012: An integrated assessment tool to define effective air quality policies at regional scale. *Environmental Modelling & Software* 38, 306–315.

Clappier, A., Pisoni, E. and Thunis, P., 2015: *A new approach to design source-receptor relationships for air quality modelling*. Environmental Modelling & Software, 74, 66–74.

EC – eurostat http://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/overview

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2013: EEA Technical report, No 12/2013, ISSN 1725–2237.

RAMON (Reference And Management of Nomenclatures); *http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_CLS_DLD&StrNom=NUTS_2013L&StrLanguageCode=EN&StrLayoutCode=HIERARCHIC*

Regional Integrated Assessment Tool PLUS; http://www.riatplus.eu/html/eng/home.html

Thunis, P., Clappier, A., Pisoni, E. and Degraeuwe, B., 2015: Quantification of non-linearities as a function of time averaging in regional air quality modelling applications. *Atmospheric Environment* 103, 263–275.

A VÁROSI ZÖLD INFRASTRUKTÚRA VÍZGAZDÁLKODÁSI SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA A CSAPADÉK INTERAKCIÓJÁN KERESZTÜL, SZEGEDI PÉLDÁN

THE ROLE OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE IN SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT THROUGH THE INTERACTION OF PRECIPITATION, CASE STUDY IN SZEGED

Csete Ákos Kristóf[1], Gulyás Ágnes[2]

[1]Urban Climate Research Group-University of Szeged, *cseteakos@geo.u-szeged.hu;*
[2]SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, Szeged, Egyetem utca 2., *agulyas@geo.u-szeged.hu*

Összefoglalás. A városok fenntartható vízgazdálkodásában fontos szerepet tölthet be a zöld infrastruktúra, a „természet-alapú megoldások" elemeként. A csapadék mennyiségének szélsőséges időbeli eloszlása, illetve a városi területek növekedése egyre aktuálisabbá teszi a kérdéskör vizsgálatát. A zöld infrastruktúra városi vízgazdálkodási rendszerekbe történő minél hatékonyabb integrálását segíti, ha megalapozott adatokkal (pl. modellszámításokkal) támasztjuk alá a rendszerben betöltött szerepét. Munkánkban – amelyben egy széleskörűen alkalmazható modell (UFORE-Hydro) adaptálását kezdtük el hazai viszonyokra – a növényzet lefolyásra gyakorolt hatását, illetve az azt befolyásoló tényezőket vizsgáltuk egy szegedi mintaterületen. Munkánk célja, hogy a magyar döntés-előkészítés és döntéshozás figyelmét a növényzetben rejlő sortétű lehetőségekre is ráirányítsuk.

Abstract. Green infrastructure can play an important role in sustainable urban water management as part of 'nature-based solutions'. The uneven temporal distribution of the amount of rainfall and the increasing urban areas make the issue of sustainable urban water management ever more relevant. The integration of green infrastructure into urban water management systems can only be supported by substantiated data (e.g. model calculations). In our study – we started adapting a widely applicable model (UFORE-Hydro) to Hungarian conditions – we examined the effect of vegetation on the runoff and other influencing factors, in the area of Szeged. The aim of our work is to draw the attention of Hungarian decision-makers to the various potential in vegetation.

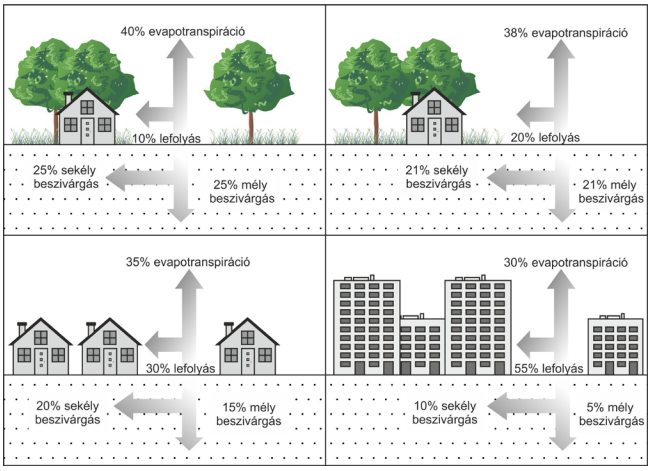
Bevezetés. A városokban a víz, mint környezeti elem rejtettségének és időszakosságának köszönhetően, csak akkor kap nagyobb figyelmet, amikor jelentősebb problémát vagy fennakadást okoz a város működésében (*Gayer*, 2007). Az urbánus területek méretének és lakosság számának növekedése egyre fontosabbá teszi az ésszerű és fenntartható városi vízgazdálkodás alkalmazását, hiszen a víz kapcsán egyre gyakrabban szembesül mennyiségi és minőségi problémákkal a modern településtervezés. A hirtelen, nagy mennyiségben felszínre jutó csapadék ugyanúgy problémákat okozhat a város életében, mint a több hónapig tartó aszályos időszak. A városokban a jelentősen átalakított felszín miatt kimondottan fontos megteremteni az egyensúlyt a természetes és a mesterséges elemek között (*Berland et al*., 2017). A zöld infrastruktúra ennek fontos eleme, hiszen összeköttetést teremt a vegetáció által nyújtott szolgáltatások és a mérnöki tervezés elemei között (*Hancz*, 2013). A természetközeli városi vízgazdálkodáshoz kapcsolódóan három főbb gyakorlat létezik: az ún. LID (Low Impact Design), WSUD (Water Sensitive Urban Design) és a SUDS (Sustainable Drainage). Közös jellemzőjük a természetes hidrológiai ciklus elemeinek helyreállítása, minél kisebb mesterséges beavatkozás és a városi vizek környezeti szempontú kezelése (*CVC*, 2010; *Department of Water*, 2007; *U.S. EPA*, 2007). Mindhárom rendszer alapelveiben kulcsszerep jut a zöld infrastruktúra megfelelő integrálásának (*Buzás*, 2012; *Romnée*, 2015). Az utóbbi években a nemzetközi terminológia is kiemelten kezeli azokat a rendszereket, amelyek kihasználva a természetes folyamatok előnyeit a városok renaturalizálá-sára törekszenek, javítva ezzel a környezet és az élet minőségét. Ezekben az ún. természetalapú megoldásokban (nature-based solutions/NBS) alapvető szerep jut a zöld infrastruktúrának, amelyen belül a fás vegetációnak különösen nagy a városökológiai jelentősége (*Raymond et. al*., 2017).

Többek között részt vesz a csapadék hatékonyabb hasznosulásában (pl. lefolyás-csökkentés), pozitív irányba befolyásolhatja a város mikroklímáját és a szennyezőanyagok megkötésében is jelentős szerepet játszhat (*Berland et. al*., 2017; *Xiao and McPherson*, 2002). Méretbeli és fiziológiai tulajdonságai révén jelentősége kiemelkedik a vízgazdálkodásban a többi növényzeti típushoz képest, mivel nagy felületen képes interakcióba lépni a csapadékkal. Ennek egyik szegmense az, hogy a fa **evaporáció** (levél-, ág- vagy törzsfelszínről történő párolgás) és **transpiráció** (a talajból felszívott víz sztómán, kutikulán vagy száron keresztül történő elpárologtatása) révén aktívan befolyásolja a mikroklimatikus körülményeket (pl. páratartalmat) a környezetében *(Berland et al.,* 2017). Másrészt a fás vegetáció alatti – jobbára vízáteresztő – felület megnöveli a beszivárgás esélyét a felszíni lefolyás rovására, amely a túlnyomórészt vízzáró felszínekkel fedett városi térszínek esetében kulcskérdés (*1. ábra*).

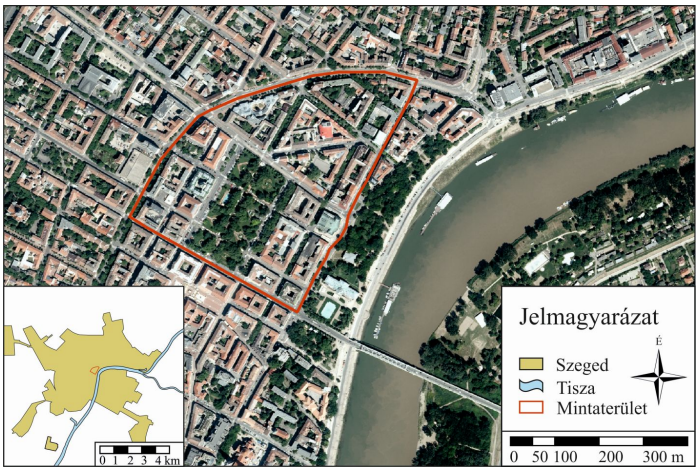
A csapadék és a fa interakciója sokféleképpen létrejöhet, melynek egyik legjelentősebb tényezője az ***intercepció***. Ez lényegében egy fékező folyamat, amely során a fák lombozata és törzse csökkenti a leérkező csapadék csúcsvízhozamát azáltal, hogy nagy mennyiségű ideiglenesen visszatartott vízmennyiség halmozódik fel a fa különböző részein (*Xiao et al.* 1998). A nagyobb lombkorona tömeg és tagoltság, illetve a magasabb törzs érdesség hozzájárul a hatékonyabb intercepcióhoz. Különbséget kell tenni a lombhullató és tűlevelű fajok között is, mivel utóbbi fajok esetében a tűlevelek felépítéséből adódóan nagyobb lehet a levelek összfelülete. Továbbá annak köszönhetően, hogy egész évben van levélzetük (örökzöld tűlevelűek esetén), összességében több csapa-

dékot foghatnak fel, mint a lombhullató fajok. (*Xiao and McPherson*, 2011). Az intercepció során felfogott csapadék egyrészt egy ideig eltárolódhat a lombkoronában és törzsön, a tározási kapacitás elérése után lecsepeghet a felszínre (***lecsepegő csapadék***/canopy drip), vagy evaporáció során a levegőbe juthat (*Móricz et al*., 2009; *Zagyvainé*, 2014). Ezek a folyamatok jelentős mértékben függnek az aktuális környezet hőmérsékletétől, páratartalmától és a szélviszonyoktól (a potenciális evapotranspiráció mértékétől). Az interakció további lehetősége az ún. ***áthullás*** (throughfall), amely a lombkoronán akadály nélkül, közvetlenül átjutó (és a felszínre kerülő) csapadékot jelenti. A fatörzs felszínére jutó csapadékvíz egy része az evaporáció során elpárolog, más része bizonyos ideig eltározódik a törzs felszínén (annak strukturális tulajdonságától függően), majd végső soron a gravitáció hatására folytathatja útját a talaj felé ***törzsi lefolyást*** (stemflow) képezve. A fák és csapadék interakciójának utolsó állomása az ***infiltráció***, azaz a beszivárgás. A városokban található vízzáró felületek és az antropogén hatásra bekövetkező tömörödés megnehezítik a csapadék beszivárgását, ugyanakkor a fák gyökérzete a növekedés és a szerkezet formálás által nagyban hozzájárul az infiltráció hatékonyságához (*Móricz et al*., 2009).

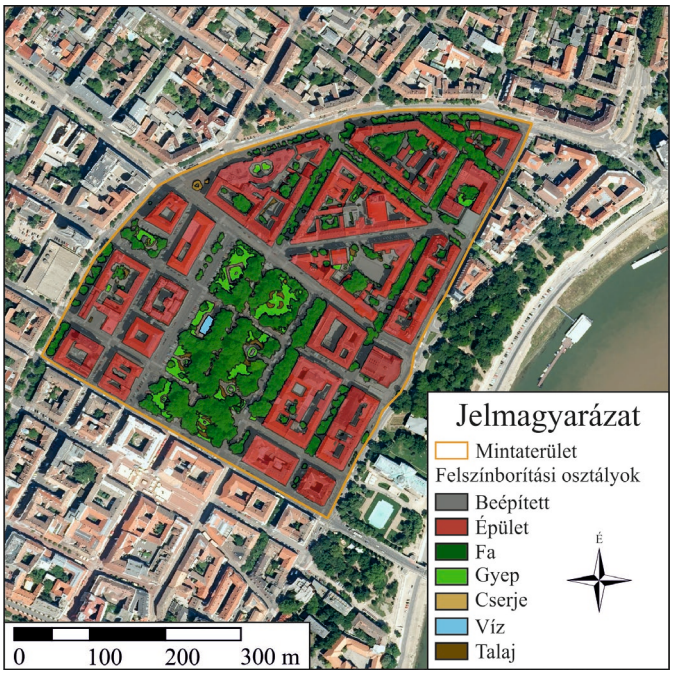
Az intercepciós tározás folyamatát három nagy szakaszra oszthatjuk, melyek ismerete elengedhetetlenül fontos ahhoz, hogy a fásszárú vegetáció csapadékesemények alatti interakcióiról pontos képet kaphassunk (*Móricz et al*., 2009). Az első ún. nedvesítési szakaszt a csapadékhullás kezdete és a faállomány teljes telítettségének időpontja határolja. Az ezt követő telítettségi szakaszban a korona nem képes plusz vízmennyiséget tárolni, ezért a felesleg lecsepeg, vagy pedig lefolyik a törzsön. Az utolsó szakaszban (száradási szakasz) a csapadék megszűntét követően a többlet víz a gravitáció hatására lecsepeg, illetve működésbe lépnek az evaporációs folyamatok. Kis mennyiségű csapadék esetén sok esetben a víz el sem jut a talaj szintjéig, teljes egészében felfogja a fás vegetáció. Nagyobb mennyiségű csapadék alkalmával viszont a lombkoronában és a törzstérben ideiglenesen tárolt vízmennyiségnek jelentős szerepe lehet a csatornarendszer túlterheltségének csökkentésében, extrém csapadékok idején pedig a villámárvizek mértékét és károkozását csökkentheti. Éppen ezért a vegetáció városi vízgazdál-



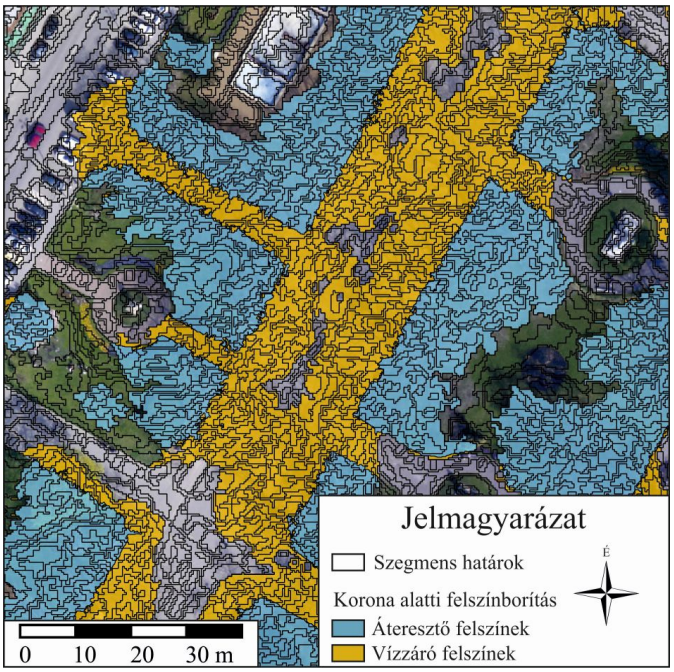
1. ábra: A megváltozott felszínborítás hatása a vízgazdálkodásra (U.S. EPA, 2007)



2. ábra: A vizsgálat belvárosi mintaterülete



3. ábra: A felszínborítási osztályok



4. ábra: A fakorona alatti felszínborítás

kodásban betöltött szerepkörének vizsgálata kifejezetten aktuális kérdés. A növekvő városi lakosság és a gyakoribbá váló extrém csapadékesemények fényében egyre nagyobb szükség van a hagyományos városi vízgazdálkodási szemléletmód megváltoztatására (amely a múltban a vegetációra nem helyezett megfelelő hangsúlyt), hiszen a globális trendek egyre inkább arra mutatnak, hogy a városi vegetációban rejlő potenciálokat is ki lehet/kell aknázni. Ezt bizonyítják az egyre széleskörűbben alkalmazott modern vízgazdálkodási elvek (pl. WSUD Ausztráliában) illetve a vízvisszatartásra koncentráló tervezési metódusok (pl. „Sponge city" projekt Berlinben, Kínában és Tajvanon) (*Liu et al.*, 2015). Magyarországon még viszonylag ritka az ezzel kapcsolatos kutatás, ezért is fontos, hogy hazai viszonyokra érvényes pontosabb adatokkal, modellszámításokkal tudjuk alátámasztani az állításokat, amelyek elősegíthetik, hogy a zöld infrastruktúrára, mint lehetőségre tekintsenek lokális szintű döntéselőkészítő folyamatokban (*Buzás*, 2012). Ezért vizsgálatunk központi eleme egy széleskörben is alkalmazható modell (UFORE-Hydro) magyarországi mintaterületre való adaptálása. A modell az USA-ban kidolgozott *i-Tree* (2017) programcsalád részeként érhető el és több tekintetben is hiánypótló, mivel a vegetáció városi hidrológiára kifejtett hatása áll a középpontjában. Munkánk célja, hogy a hazai döntés-előkészítés és döntéshozás figyelmét ráirányítsuk a városi vízgazdálkodás szempontjából a növényzetben rejlő sokrétű lehetőségekre.

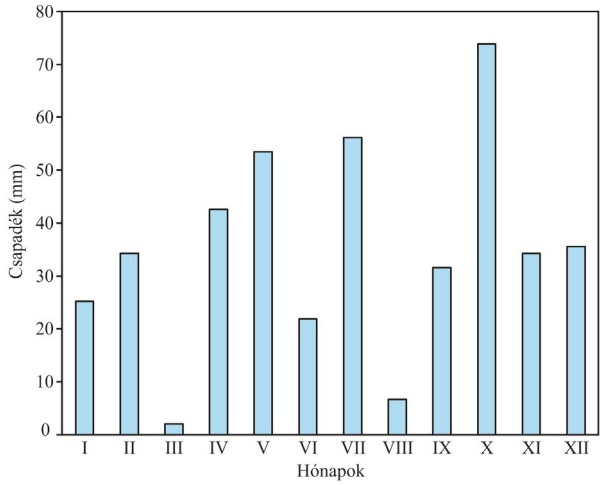
Mintaterület. Szeged a Dél-Alföld központja, amely sajátos klimatikus adottságokkal rendelkezik. A területre jellemző az alacsony évi csapadék (497 mm), a magas napfénytartam és az ennek következtében fellépő gyakori aszály (*Balázs*, 2008). A viszonylag alacsony csapadék mennyiség mellett ugyanakkor a csapadék intenzitása nagyon változó, a hosszú aszályos periódusok mellett gyakoriak a nyári hirtelen lezúduló villámcsapadékok, amelyek nagy túlterhelést jelentenek az elavult csatornahálózatra és nagy területeken okozhatnak elöntést és károkozást. Mindkét tényező komoly kihívást jelent a városi víz- és zöldfelület gazdálkodás számára (*Unger és Gál*, 2017). A vizsgálat színteréül Szeged egyik legnagyobb zöldfelülete a Széchenyi tér és az azt körülölelő belvárosi épülettömbök szolgáltak *(2. ábra)*. A mintaterületen a tér zöldfelületét (amelyet aszfalt utak kereszteznek) kivéve magas a vízzáró burkolatok aránya és elenyészőek az áteresztő térkő burkolatok. Az épülettömbök közötti magas és keskeny utcakanyonokban a járdaszegély és az úttest éles peremmel válik el egymástól, ahol a felgyülemlett csapadék nem tud elszivárogni, ezért többletvízként a felszínen marad.

A mintaterület fás vegetációja „tipikus" városi fafajokban gazdag. A juharlevelű platánt (*Platanus x hybrida*) nagy egyedszámban ültették a Széchenyi teret keresztül szelő aszfaltút mentén. A hársfajok közül a nagylevelű hárs (*Tilia plathyphyllos*) és az ezüst hárs (*Tilia tomentosa*) a jellemző fajok. Idegenhonos fajként a nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) és a fekete fenyő (*Pinus nigra*) képviselteti magát. A téren az örökzöldek közül a fenyőfajokon kívül a tiszafát (*Taxus baccata*) érdemes kiemelni. A modell nemzetközi használata egyelőre úgy oldható meg, hogy szükséges kijelölni egy Szegedhez hasonló klimatikus viszonyokkal rendelkező referencia várost az USA területén, ahol a legfontosabb klimatikus paraméterek idő- és térbeli eloszlása Szegedhez hasonlóak. Több klímaparaméter és a Köppeni beosztás (Szeged a *Cfa* és a *Cfb* területek határán található (*Szelepcsényi et al*., 2009)) figyelembevételével, a Kansas állam északnyugati részén található Goodland városa lett a projekt referencia települése.

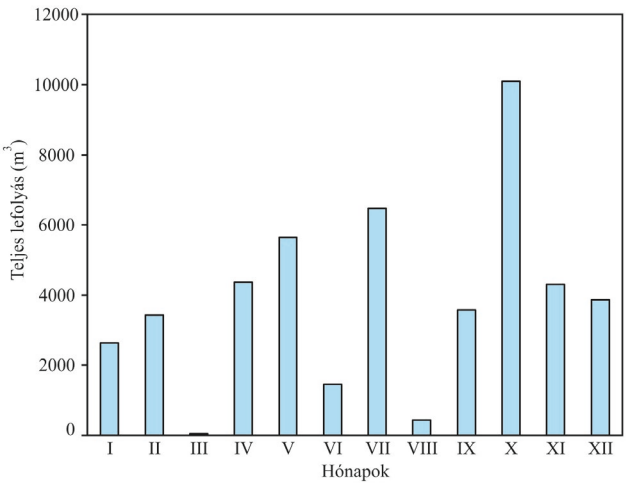
Módszerek. Az UFORE-Hydro modell a többi vízháztartási modellhez képest sokkal részletesebb információkat szolgáltat a növényzet rendszerre gyakorolt hatásáról: pl. a teljes lefolyásról, az intercepcióról, az evaporációról, és a beszivárgásról. A modellezés segítségével lehetőségünk nyílik a valós felszínborítás mellett alternatív felszínborítási arányokkal is dolgozni, amely a várostervezés fontos eszköze lehet. A modell az i-Tree Hydro program számítógépes felületén keresztül futtatható (a modellre továbbiakban Hydro-ként hivatkozunk).

A modell a Penman-Monteith egyenletet veszi alapul a vegetáció és a nyílt vízfelületek potenciális evapotranspirációjának megadására (*Ács és Hantel*, 1999; *Wang et al*., 2008). A növényzet csapadékkal kapcsolatos interakciói nagyban függnek az adott vegetáció levélzetének felületétől. A modell erőteljesen épít a levélfelületi-indexre (Leaf-Area Index, LAI), mivel ennek a mutatónak a mértéke nagyban befolyásolhatja a vegetáció intercepciós hatékonyságát (*Hirabayashi*, 2013; *Móricz et al*., 2009). A LAI és a BAI (Bark-Area Index) kombinációjából származtatott TAI (Total Tree Area Index) is fontos mutatója a növényzetnek. Ennek köszönhetően a modell sokkal összetettebben kezeli az intercepciós folyamatokat, mintha csupán a LAI-t venné figyelembe. Az infiltráció számításához a modell a Green-Ampt formulát használja, míg a teljes lefolyás számításához egy TOPMODEL alapú egyenletet alkalmaz, amely magában foglalja az alapvízhozamot (csapadékmentes időszakban a felszín alatti vizekből táplálkozó alapvízhozam), a felszíni áteresztő és nem áteresztő lefolyást.

A modell legfontosabb input paramétere a csapadék. Jelen vizsgálat alapját a 2012. január 1. és december 31. közötti órás felbontású csapadékadatok képezik, amelyet az Országos Meteorológiai Szolgálat Dél-magyarországi Regionális Központ Szinoptikus állomása szolgáltatott. A felszínborítási kategóriák lehatárolását eCognition 9.1 Developer program segítségével végeztük. A Hydro a mintaterületen található fás és gyep vegetáció arányát, a cserje borítást, a talajok felszíni arányát, illetve a vízzáró burkolatokkal fedett területek százalékos arányát igényli. További szükséges kiegészítő adat a fás és cserje vegetáción belüli örökzöld egyedek aránya. Nehezen előállítható, de szükséges adat a fás vegetáció lombkoronája alatt található átereszető és vízzáró felszínek aránya. A kategóriák előállításához egy 2015. júniusi 4 sávos Ultra Cam X légi felvételt használtunk, amely 0,4 m-es geometriai felbontással rendelkezett. A fák koronája alatti felszínborítás lehatárolását egy 2011. márciusi lombtalan légi fotó felhasználásával végeztük (SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék Alkalmazott Geoinformatikai Labor). Ezekből a képekből származtatott má-



5. ábra: A csapadék havi eloszlása (2012)



6. ábra: A havi teljes lefolyás (2012)

sodlagos adatforrások (NDVI) és egy terepmodell segítségével készült el a valós felszínborítási térkép.

A felszínborítási kategóriák elkülönítését szegmensalapú osztályba sorolással végeztük. Vízzáró felszíneket és a növényzetet a már említett NDVI és egy épület adatbázis segítségével soroltuk osztályokba. A növényzeti típusok elkülönítését magassági határértékek, spektrális tulajdonságok és maximális differencia figyelembevételével végeztük. Az osztályozás pontosságát manuális osztályba sorolással javítottuk, ennek megfelelően minden egyes osztály teljes pontossági értéke 85% felett alakult

1. táblázat: A felszínborítási típusok százalékos aránya

Felszínborítási típusok	Fa	Gyep	Cserje	Vízzáró felszín/épület	Talaj	Vízfelszín
Százalékos arány	22,46%	3,12%	0,11%	73,65%	0,53%	0,13%

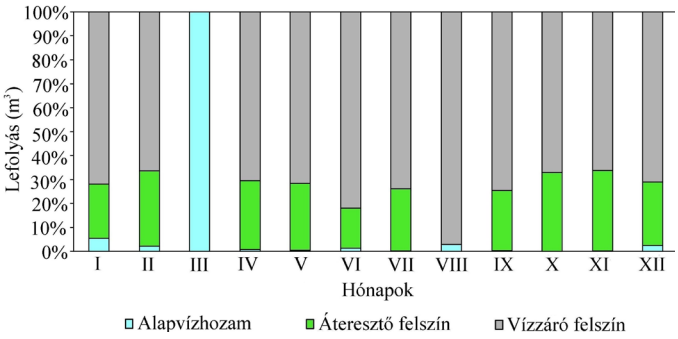
(*Congalton*, 1991). Az osztályozás eredménye a teljes mintaterületet 100%-ban lefedő felszínborítási kategóriatérkép lett *(3. ábra; 1. táblázat)*. Hasonló módszerekkel készült a fakorona borítás alatti felszínborítás lehatárolása *(4. ábra)*.

A mintaterületen az örökzöld fák aránya viszonylag alacsony, a cserje állomány közel egynegyedét örökzöld cserjék alkotják. A területen található növényzet levélfelület-indexe: fák (4,7), cserjék (2,2), gyep (1,6). További fontos paraméter a „Directly Connected Impervious Area" (DCIA) definiálása, amelyet a vízzáró felületeken belüli százalékos arányban kell megadni. A mintaterületen ez az érték 63% a Sutherland-féle egyenlet alapján (*U.S. EPA*, 2010). További lépésekben talajtani és egyéb hidrológia paraméterekkel is bővíthetjük a modellünket, amelyek mintaterülettől függően kiemelt fontosságúak lehetnek a feldolgozás szempontjából (*Wang et. al*., 2008).

A Hydro alkalmazásának egyik kiemelt szempontja, hogy lehetővé teszi alternatív felszínborítottsági arányok alkalmazását is, így lehetőség nyílik egy-egy zöld infrastrukturális fejlesztés vagy térrekonstrukció hatásának szemléltetésére. Jelen vizsgálat során két módosított forgatókönyvet alkalmaztunk. Az *alternatív szcenárió 1*-ben (továbbiakban *asz1*.) a növényzet növelésének hatására helyeztük a hangsúlyt (a növényzet arányát 25%-al növeltük, amelyből 12,5% a fakorona borítás növelése), míg az *alternatív szcenárió 2*-ben (továbbiakban *asz2*.) a vízzáró felszínek növelésének hatását elemeztük (a növényzet arányát csökkentettük 6%-al, a vízzáró felszínek arányát 6%-al növeltük).

Eredmények. ***Alapeset eredményei.*** Szeged területére 2012-ben 417,7 mm csapadék hullott, amely a vizsgálat mintaterületére vetítve 82 350 m^3-t vizet jelent. A téli hónapokban a csapadék eloszlása viszonylag egyenletesnek volt tekinthető, szemben a tavaszi és nyári hónapokkal. A nyári hónapok jelentették a legszárazabb periódust (mindössze 85 mm csapadékkal), míg az ősz során hullott a legnagyobb mennyiségű csapadék (140 mm). Az év során a havi átlagos csapadék 35 mm környékén alakult, amelytől az egyes hónapok értékei jelentősen eltértek *(5. ábra)*.

Teljes lefolyás. A teljes lefolyás – ami a modell egyik fő outputja – különböző komponensekből épül fel. Egyrészt tartalmazza az alapvízhozamot, amelyet a csapadékmentes időszakban a felszín alatti vizekből táplálkozó vízhozamként (lefolyás) definiálhatunk (*Wang et. al*., 2008). Másrészt a felszíni lefolyás két összetevőjét a vízzáró felszínek lefolyását és az áteresztő felszínek lefolyását is magában foglalja. Ez utóbbi két összetevő értékében jelentkező különbség jól szemléltetheti a növényzet és a mesterséges burkolatok közötti eltérést, így fontos szereppel bír a városok hidrológiai folyamatainak vizsgálatakor. A teljes lefolyás mennyisége nagyban függ a vizsgált időszak csapadékmennyiségétől, illetve a felszínborítástól, mivel a vegetációval borított felszínek jelentős csapadékmennyiség módosító hatással bírhatnak (intercepció, evaporáció).



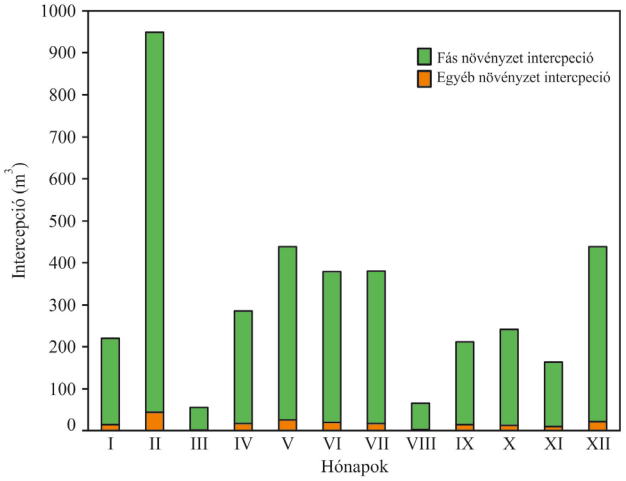
7. ábra: A lefolyás komponensek havi bontásban (2012)

A mintaterületen a vizsgált időszakban a teljes lefolyás mennyisége 46 336 m^3 volt, ami az évi csapadékmennyiség 56%-át tette ki. A teljes lefolyás értékei szorosan kapcsolódnak a csapadék mennyiségéhez, ennek köszönhetően az évszakos trendek is nagyban hasonlítanak. Az őszi hónapok során jelentkezett a legnagyobb mennyiségű lefolyás, míg a nyári hónapok rendelkeztek a legkevesebb mennyiséggel. Az október kiemelkedik a többi hónap közül, az évi lefolyás közel egynegyedével (10 100 m^3), de a május és a július is jelentős mennyiséggel bír *(6. ábra)*.

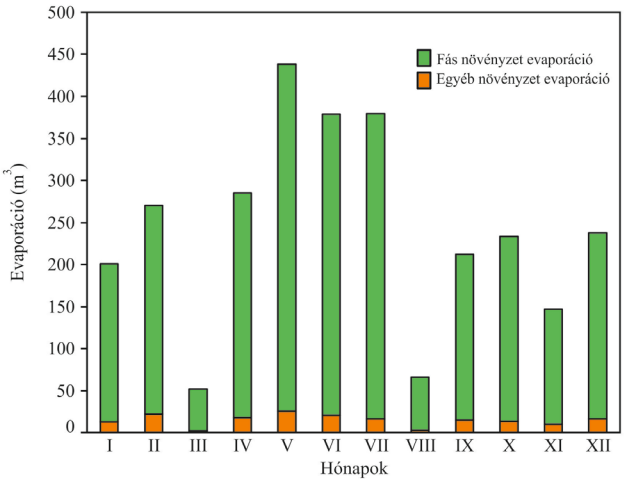
A lefolyás komponensek alakulására jelentős befolyása van a felszínborításnak, amely kihat a teljes lefolyáson belüli arányok alakulására. Az alapvízhozam 500 m^3 volt évente. Egyedül március hónapban képvisel jelentősebb arányt a teljes lefolyáson belül, ami annak köszönhető, hogy ebben a hónapban minimális csapadék hullott, így a lefolyás csak az alapvízhozamból tudod pótlódni. A három komponens közül a legjelentősebb mennyiséggel a vízzáró felszínek lefolyása rendelkezik (32 000 m^3), így a területre érkező csapadék közel 39,7%-a burkolt, mesterséges felszíneken folyt le. Az áteresztő felszínekre ennek a mennyiségnek kevesebb, mint a fele (13 000 m^3), a csapadék 15,9%-a került. Mindkét típusú felszín lefolyása a nyári évszakban érte el a minimumát, míg az őszi évszakban a maximumát. Ehhez az is hozzájárul, hogy a vegetáció nyáron magas hatásfokkal működik, szemben a téli nyugalmi periódust előkészítő őszi hónapokkal *(7. ábra)*.

Intercepció, evaporáció. Az intercepció és az evaporáció folyamatáról órás felbontású adatokkal szolgál a modell. E két folyamat vizsgálata során a növényzetet két kategóriába csoportosítottuk: fás vegetáció és egyéb növényzet (cserjék, gyep). A növényzet összfelületére a teljes csapadékmennyiség 25,6%-a hullott, ebből a fák koronáját a teljes csapadék 22,5%-a érte el. Ebből is kitűnik, hogy az egyéb növényzeti típusok hatása a vizsgált vízgazdálkodási folyamatokra a mintaterületen kevésbé jelentős.

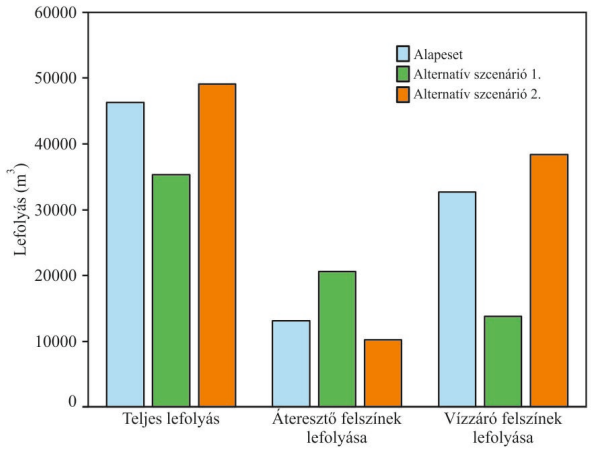
A fás vegetáció az intercepció során, az év teljes csapadékmennyiségének közel 4%-át (3600 m^3) fogta fel, ami a területi arányhoz viszonyítva jelentősnek számít *(8. ábra)*. A fennmaradó csapadékmennyiség lefolyik, akadály nélkül áthullik a lombkoronán, illetve a talaj mélyebb rétegeibe szivárog. A vegetáció intercepciós hatékonysága áprilisban és júliusban volt kiemelkedő. Ehhez hozzájárul, hogy a tavasz vége és nyár eleje jelenti a növényzet számára a legaktívabb periódust és egyben a levélzet felületi kiterjedése is ekkor éri el a maximumot. Ugyanakkor az intercepció mértéke jelentősen függ az időszak csapadékmennyiségétől és annak halmazállapotától is. A téli időszak intercepiójának (február) magas értékei a vizsgált évben hullott nagymennyiségű hó formájú csapadéknak köszönhetőek. A téli hónapokban alapvetően is alacsonyabb a párolgás és ha ez hó formában hulló csapadékkal párosul, akkor ez a fák törzsén és ágain megtapadva annak ellenére is megemeli az intercepciós tényezőt, hogy a lombkorona jó része hiányzik.



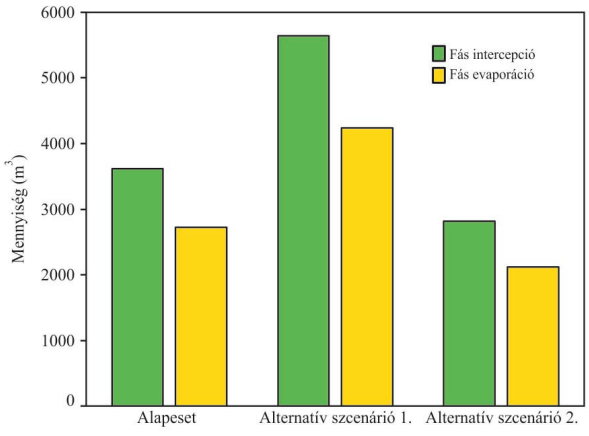
8. ábra: A növényzet intercepciója



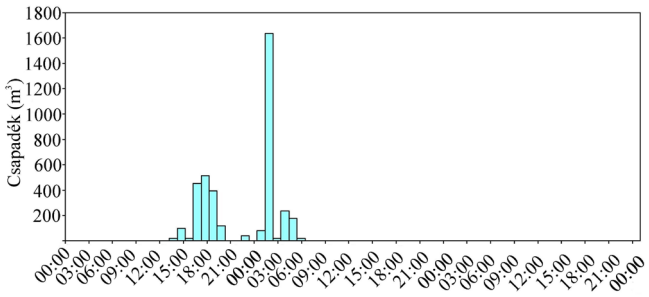
9. ábra: A növényzet levélfelületi evaporációja



10. ábra: A három szcenárió összehasonlítása



11. ábra: A szcenáriók fás intercepciója és evaporációja



12. ábra: A július 24-26 között vizsgált periódus

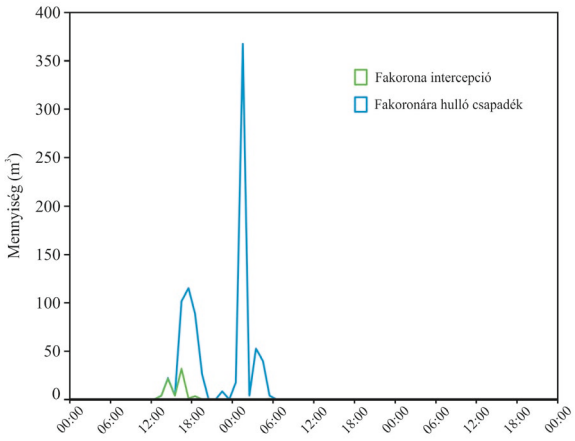
A növényzet levélfelületi evaporációját jelentősen befolyásolhatja a vizsgált időszak csapadékmennyisége és hőmérséklete. A vegetációs periódus legaktívabb hónapjaiban (április és július között) a fás vegetáció teljes lombozatban van, így az intercepciós és az evaporációs folyamatok is hatékonyan működnek. Az őszi és téli hónapok kiegyenlítettnek tekinthetőek, ekkor az átlagos evaporáció 150–250 m^3 között alakul *(9. ábra)*.

Alternatív szcenáriók (asz). Az *asz.1*-ben a teljes lefolyás évi értéke 35 000 m^3-ra csökkent, ezzel szemben az *asz.2*-ben 49 000 m^3 fölé emelkedett *(10. ábra)*. A növényzet növelésének lefolyáscsökkentő hatásai legerőteljesebben a teljes lefolyás évi mennyiségének változásán jelentkeznek.

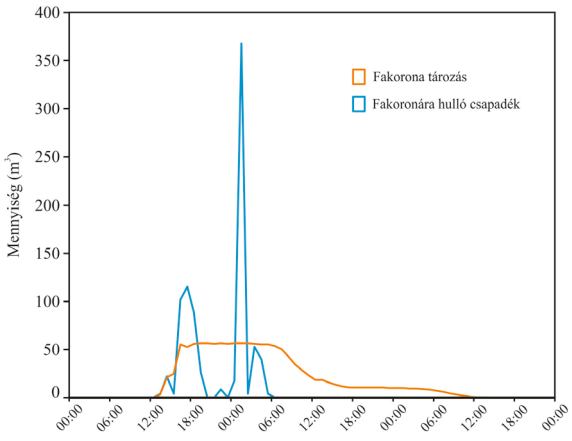
Az alapeset során az áteresztő felszínek lefolyása 13 000 m^3-volt, amely az *asz1*.-ben 20 000 m^3-re nőtt. Az áteresztő felszíneken történő lefolyás növekedése a magasabb növényzeti arányhoz kapcsolódik és alapvetően pozitív hatást gyakorol városi hidrológiai körforgásra, hiszen ezeken a felszíneken a tározódás, az infiltráció és az evaporáció folyamata is jelentős mértékű lehet. A növényzet lefolyásra gyakorolt pozitív hatását jól szemlélteti, hogy a vízzáró felszínek lefolyása az *asz1*.-ben közel harmadára (14 000 m^3) csökkent, míg az *asz2*.-ben jelentős növekménnyel számolhatunk (38 000 m^3; *11. ábra)*.

A fák intercepciója az *asz1*.-ben a fakorona borítás növelésének hatására 5600 m^3-re növekedne, ennek köszönhetően pedig a teljes mintaterületre érkező csapadék 6,4%-át foghatná fel a növényzet az alapeset 4,4%-ával szemben. A nagyobb intercepció hozzájárulna az evaporáció mértékének növekedéséhez, amely így megközelítené a 4200 m^3-t. Az *asz2*.-ben a növényzet csökkenése kihatna a kevesebb felfogott csapadékra (3,4%) és az alacsonyabb evaporációra (2100 m^3) is *(11. ábra)*.

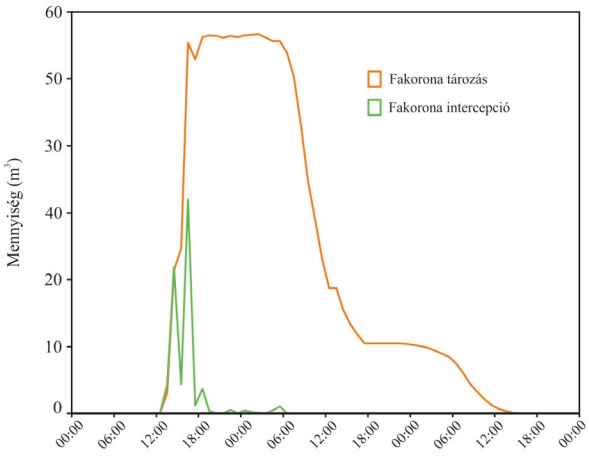
Növényzeti interakciók egy csapadékesemény alatt. Mivel az Hydro modell lehetővé teszi a csapadék és a hozzá kapcsolódó folyamatok (intercepció, evaporáció, stb.) órás bontású elemzését, így lehetőség nyílik nagyintenzitású csapadékesemények elemzésére is. Példánkban egy 72 óra időtartamú szakaszt vizsgáltunk, 2012. július 24. 0:00 és július 26. 23:00 között *(12. ábra)*. Kiválasztását az indokolta, hogy a csapadékesemény előtt és után hosszabb időszakon belül nem volt csapadékhullás, ezáltal



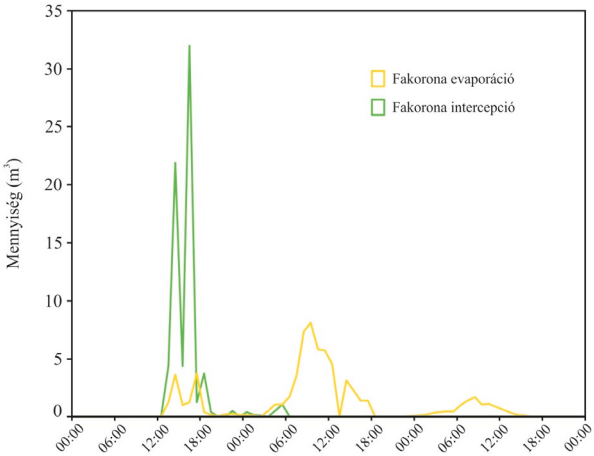
13. ábra: Az intercepció és a csapadék kapcsolata



14. ábra: A tározás és a csapadék kapcsolata



15. ábra: A tározás és az intercepció kapcsolata

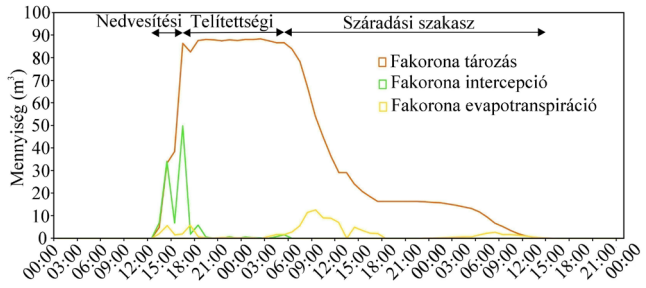


16. ábra: Az evaporáció és az intercepció kapcsolata

az nem gyakorolt „torzító” hatást a tározókapacitás feltöltődésére és kiürülésére.

Az aktív csapadékesemény 17 órán keresztül tartott (július 24. 13:00 és július 25 06:00 órakor között), ez volt az 5. legnagyobb egybefüggő csapadékhullás az év során. Ez idő alatt összesen 3825 m^3 (20,13 mm) folyékony halmazállapotú csapadék hullott. A vizsgált időszak két részre osztható, több kisebb és egy 1600 m^3-es nagyobb csapadékhullásra (amely kb. 1 óra alatt hullott a mintaterületre). A fák koronájának felszínét a teljes csapadék 22%-a érte el, így a további folyamatoknak ez a mennyiség képezte az alapját. A csapadékesemény kezdetén, közvetlenül azután, hogy a csapadék elérte a lombkorona felszínét az intercepciós folyamatok is működésbe lépnek.

A fakoronára jutó csapadék és az intercepció mennyisége addig a pontig azonos, amíg a fák levélfelületi tározása el nem éri az aktuális maximumát, ami jelen esetben 56 m^3. A tározási kapacitás maximumának elérése után az intercepciós folyamatok lecsökkennek és a többlet vízmennyiség koronán áthulló (throughfall) csapadék része lesz. Ez két időpontban, 15:00-kor és 17:00-kor figyelhető meg legmarkánsabban *(13. ábra)*. Az 1600 m^3-es csapadékesemény során a levélfelület telített és nem tud többlet csapadékot megkötni. Ez az állapot a csapadékesemény végéig fennáll, ami után a tárolt vízmennyiség kiürülése is megkezdődik, ami 14 órát vesz igénybe. Az intercepció kezdete és a kiürülés vége között kb. 48 óra telik el egy hasonló mennyiségű csapadék során, ami azonban nagyban függ a fakorona állapotától és teljességétől, illetve a meteorológiai paraméterektől is.



17. ábra: Az alternatív szcenárió 1. folyamatainak kapcsolata

Az eltárolt vízmennyiség az intercepció során a levélfelületre kerülő vízmennyiség függvénye, ezért kimondottan szoros kapcsolat áll fenn a két folyamat között *(15. ábra)*. A Hydro a tározást kumulatív módon számolja, ez az oka, hogy a mennyisége és időtartama meghaladja az intercepcióét. Az eltárolt vízmennyiség kiürülése többórás folyamat, amely a csapadékhullás befejezése után kezdődhet meg. A tárolt vízmennyiség a tározási kapacitás elérése után állandósul a fentebb említett 56 m^3-es értéken és ez az állapot mindaddig fennmarad, amíg van beérkező csapadék *(14. ábra)*. Amennyiben nagyobb időintervallum van két csapadékesemény között, akkor a tárolt vízmennyiség elérheti azt a szintet, hogy a vegetáció ismét képes lesz vizet felvenni. A tározás mennyiségét az intercepció és az evaporáció kettős folyamata szabályozza, ezért a tározás e két folyamat függvénye.
A Hydro-ban az evaporáció és az intercepció mennyisége megegyezik a vizsgált időszak során, a két folyamat időbeli eloszlása viszont különbözik *(16. ábra)*. Az intercepcióban a csapadékesemény elején hirtelen, ugrásszerű növekedés tapasztalható. Az egész vizsgált időszak alatt történt evaporáció, legnagyobb mértékben a csapadékhullás befejeztével, mivel ekkor a csapadékhullás már nem gátolta a párologtatást.

Az alapeset mellett az alternatív szcenáriók felállítása jól szemléltethetővé teszi a különbséget a megváltozott felszínborítási viszonyok hatásáról az adott csapadékeseményre. Az *asz.1*-ben megváltoztatásra került a lombkorona borítottság mértéke. Az alapesethez képest 25%-al növeltük meg a lombkorona kiterjedését a mintaterületen. Ennek a változásnak köszönhetően a teljes csapadéknak 35%-a érkezett a lombkorona felszínére.

Az *asz1*.-ben a folyamatok alakulása az alapesethez hasonló lefutással rendelkezik. A szcenárióban a csapadék időbeli és térbeli eloszlása nem változott, azonban a fásszárú vegetáció arányát növeltük, ebből adódik a folyamatok mennyiségi növekedése. A tározás maximuma 90 m^3-re, az intercepció mennyisége pedig 50 m^3-re növekedett. E másfélszeres növekedés jól érzékelteti a fakorona borítottság növelésének hatását a felszíni lefolyás csökkentése kapcsán. Az intercepciós tározás három főszakaszának jellegzetességei is tükröződnek a csapadékesemény lefutásán *(17. ábra)*. A nedvesítési szakasz során jól felfedezhető jellegzetesség, hogy az intercepcióval arányban a tározás mennyisége növekszik, de az evaporációs folyamatok is működnek. A telítettségi szakaszban a korona tározási kapacitása elérte a maximumát, ennek következtében a fakorona nem tudott többlet csapadékot felvenni az intercepció, sem leadni az evaporáció során. A száradási szakaszban a csapadékhullás befejeztével, az evaporáció, illetve a gravitáció hatására bekövetkező lecsepegés révén a koronában tárolt vízmennyiség is megkezdte kiürülését.

Összegzés. A zöld infrastruktúra sokrétű hatásának számszerűsítése és tervezési rendszerekbe történő integrálása a várostervezés egyik legaktuálisabb feladata. Ezen belül a városi vízháztartásban betöltött szerepe talán a leginkább figyelmen kívül hagyott terület volt a közelmúltig, noha megfelelő alkalmazásával jelentősen csökkenthetjük a csatornahálózat terheltségét. Egy sokkal költségesebb hálózatbővítés helyett egy sokoldalú, természetalapú megoldással javíthatjuk a terület vízháztartását és a környezet állapotát. Az extrém csapadékesemények mellett fellépő aszályok a városi vízgazdálkodás fenntarthatóvá tételét teszik szükségessé. A növényzet – kimondottan a fásszárú vegetáció – a városi árvizek és a hirtelen lehulló csapadékok következtében megnövekedett felszíni lefolyás mérséklésében kiemelt szerephez juthat. Ennek a mérséklő hatásnak a terepi mérése erőforrás- és időigényes feladat, amelyben segítséget nyújthat modellek felállítása és futtatása. A Hydro a növényzet szerepét kiemelt szempontként kezeli, illetve a különböző szcenáriók

felállításának lehetősége alkalmassá teszi városrendezési tervek és beruházások jövőbeli hatásának becslésére.

Bár egyre több ország ismeri fel a természetalapú megoldások pozitív hatásait, hazánkban még ritka az integrált szemléletű fejlesztés, melynek az is oka lehet, hogy kevés az erre vonatkozó objektív adat. Munkánkban igyekeztünk rávilágítani a növényzet (elsősorban a fás vegetáció) városi vízháztartásban betöltött szerepére és e potenciál várostervezési kiaknázhatóságára. Szeged és térsége aszálynak és heves esőzéseknek egyaránt kitett térségben terül el, így olykor a víztöbblet, másszor a vízhiány okoz gondot. A jelentős beépítettségű Széchenyi téren és környékén végzett modellezés arra mutattak rá, hogy a növényzet jelentős mértékben csökkentheti a felszíni lefolyást. Ez az intercepciós tározásnak és az evaporációnak köszönhető, amelyek során a vegetáció a felszínre kerülő csapadék mennyiségét és eloszlását is módosíthatja. A zöldfelület (lombkorona borítás) és a beszivárogtató felületek megnövelése kedvező irányban változtatja meg a beszivárgás arányát a felszíni lefolyáshoz képest, így lényegesen több víz raktározódhat a városi talajokban, vagyis az extrém száraz időszakokban kevesebb öntözésre lehet szükség. A tanulmányban bemutatott zöldfelület csökkentés arra is rávilágít, hogy ha egy köztér rekonstrukció (vagy bármilyen egyéb, a felszínborítást jelentősen megváltoztató beruházás) során nagyobb mértékű fakivágással (illetve vízzáró burkolatnöveléssel) számolunk, az erőteljesen csökkentheti a fenti folyamatok hatékonyságát. A növényzet hatása már egy ilyen kis mintaterületen is mérhető, azonban a vizsgálatot Szeged teljes területére kiterjesztve, nagyobb léptéken is értelmezhető a zöld infrastruktúra hatása, aminek várostervezési hozadéka és akár komoly gazdasági vonzata is lehet. A modell hazai területekre és hazai adatokra épülő adaptálása további feldolgozásokat tesz szükségessé. Az input paraméterek pontosítása és hazai adatbázisokra való felkészítése után további terveink között szerepel újabb output paraméterek (felszíni tározódás, levélzetben tárolt vízmennyiség) elemzése és új mintaterületek bevonása a vizsgálatba. Mindemellett fontos cél az eredmények minél hatékonyabb integrálása a tervezési folyamatba.

Köszönetnyilvánítás. A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-16-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalom

Ács, F. and Hantel, M., 1999: The Penman-Monteith concept based land-surface model PMSURF. Időjárás 103, 19–36.

Balázs, B., 2008: Az átlagos városi hősziget területi szerkezetének modellezése és a modell kiterjesztése. *Doktori értekezés*, Szeged

Berland, A., Shiflett, S.A., Shuster, W.D., Garmestani, A.S., Goddard, H.C., Herrmann, D.L., and Hoptonc, M.E., 2017: The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning* 162, 167–177.

Buzás, K., (szerk.) 2012: Települési csapadékvíz-gazdálkodás. Budapest, *TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft*, pp. 148

Congalton, R.G., 1991: A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of the Environment* 37, 35–46.

CVC, 2010: Low impact development stormwater management planning and design guide (Version 1.0) *Credit Valley Conservation*, Toronto and Region Conservation Authority

Department of Water, 2007: Stormwater Management Manual for Western Australia. *Manuscript.*

Gayer, J., és Ligetvári, F., 2007: Települési vízgazdálkodás csapadékvíz elhelyezés. Környezetvédelmi és Vvízügyi minisztérium, Budapest, *Kézirat.*

Hancz, G., 2013: A zöld infrastruktúra szerepe a települési vízgazdálkodásban. *Debreceni Műszaki Közlemények*

Hirabayashi, S., 2013: i-Tree Streets/Design/Eco rainfall interception model comparisons. *http://www.itreetools.org /eco/ resources /iTree StreetsDesign Eco Rainfall Interception Model Comparisons.pdf* (letöltés 30.01.2014).

Liu, C. M., Chen, J. W., Hsieh, Y. S., Liou, M. L and, Chen, T. H., 2015: Build Sponge Eco-cities to Adapt Hydroclimatic Hazards. In: *Leal Filho W.* (eds) Handbook of Climate Change Adaptation. *Springer, Berlin, Heidelberg*

Móricz, N., Gálos, B., és Gribovszki, Z., 2009: Az erdők intercepciójának mérési és modellezési lehetőségei. *Hidrológiai Közlöny* 89(4), 35–45.

Raymond, C.M., Berry P., Breil,, M., Nita, M.R., Kabisch N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G,. Munari, L., and Calfapietra, C., 2017: An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. *Centre for Ecology & Hydrology*

Romnée, A., Evrard, A., and Trachte, S., 2015: Methodology for a stormwater sensitive urban watershed design, *Journal of Hydrology* 530, 87–102

Szelepcsényi, Z., Breuer, H., Ács, F., és Kozma, I., 2009: Biofizikai klímaklasszifikációk 2. rész: Magyarországi alkalmazások, *Légkör* 54(3), 23–30

Unger, J., és Gál, T., 2017 Városklíma: Szeged városklimatológiai vonatkozásai. Szeged, *GeoLitera*, pp. 256

U.S. EPA, 2007: Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices. United States Environmental Protection Agency Report No. EPA 841-F-07-006. *Washington, D.C.*

U.S. EPA, 2010: EPA's Methodology to Calculate Baseline Estimates of Impervious Area (IA) and Directly Connected Impervious Area (DCIA) for Massachusetts Communities. *United States Environmental Protection Agency Report*

Wang, J., Endreny, T. A., and Nowak, D. J,. 2008: Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. *Journal of the American Water Resources Association* 44(1)

Xiao, Q., McPherson, E. G., Simpson, J.R., and Ustin, S. L., 1998: Rainfall interception by Sacramento's urban forest. *Journal of Arboriculture* 24(4), 235–244.

Xiao. Q., and McPherson. E.G., 2002: Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems* 6, 291–302.

Xiao. Q., and McPherson, E.G., 2011: Rainfall interception of three trees in Oakland, California. *Urban Ecosystem* 14, 755–769

Zagyvainé Kiss, K. A., 2014: Az avar intercepció vizsgálata a Soproni-hegységben. Doktori értekezés, *Nyugat-Magyarországi Egyetem*

i-Tree, 2017: i-Tree Hydro User's Manual v5.1. 2017: *https://www.itreetools.org/resources/manuals/ Hydro_Manual_v5.1.pdf*

A FELSZÍNI TALAJNEDVESSÉG-TARTALOM ÉS A PÁROLGÁS NUMERIKUS MODELLEZÉSE: GYAKORLATOK AZ OKTATÁSBAN

NUMERICAL MODELLING OF THE BARE SOIL SURFACE MOISTURE CONTENT AND EVAPORATION: EDUCATIONAL EXERCISES

Sürge Evelin, Czelnai Levente, Bali Gergely, Boronyák Virgínia, Cséke Dóra Csilla, Demeter Szilvia, Fejes Lilian, Kovács Ádám, Szabó Máté, Szekeres Levente, Szentes László Olivér, Tóth Gabriella, Várkonyi Anikó, Vaszkó András Imre, Virág Szabolcsné Németh Rita

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., *surgeevelin@gmail.com, czelnai.levente@gmail.com, stangafon@hotmail.com, gini.boronyak@gmail.com, dcseke0109@hotmail.com, piritottagyvelo@gmail.com, fejeslilian@gmail.com, kovadam94@yahoo.com, mateszabo930702@gmail.com, lev.szekeres@gmail.com, oliver.szentes@gmail.com, csigagabi@gmail.com, kisaaa93@gmail.com, tevavaszko@vipmail.hu, nemrita@gmail.com*

Összefoglaló: A talaj nedvességtartalma és az evapotranspiráció változásainak megértése alapvető fontosságú ahhoz, hogy számszerűsíthessük a felszín-légkör kölcsönhatási folyamatokat a meteorológiában. E tanulmányban egy off-line módon futtatott talajmodell-vizsgálatot végzünk a talaj-felszínközeli levegő rendszer folyamatainak minél jobb megértése végett. Külön elemeztük a modell érzékenységét a talajtextúra-kombinációk változásaira, az átlagos vízvezető képesség számítási módjára és a párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására. Az eredmények azt mutatják, hogy a felszíni talajnedvesség-tartalom időbeli változásait elsődlegesen a talajtextúra-kombináció határozza meg és csak másodlagosan az átlagolás és/vagy a parametrizálás során alkalmazott eljárás. E két utóbbi hatás viszont fontosnak mutatkozott az éjjeli időszakban tapasztalható harmatképződés folyamatában.

Abstract. Understanding the changes of soil moisture content and evapotranspiration is of crucial importance to be able to quantify the land-surface-atmosphere interaction processes in the meteorology. In this study, a soil-model is tested in off-line mode to understand exchange processes in the soil-near-surface air system as well as possible. The sensitivity of the model is separately analyzed supposing different soil texture combinations, applying different soil water conductivity averaging procedures and soil surface resistance parameterizations for bare soil evaporation. The results reveal that soil surface moisture content changes are primarily determined by soil texture combinations and only secondary determined by averaging and/or parameterization procedures. The two latter effects seem to be important in the night-time period of the day, when dewfall is occurring.

Bevezetés. A felszíni talajnedvesség-tartalom és az evapotranspiráció alapvető fontosságú meteorológiai, talajtani és ökológiai *(Ács et al.*, 2015) változók. Tér- és időbeli változásaik igen nagyok lehetnek, ezért megfigyelésük *(Posza és Stollár*, 1983; *Rajkai and Rydén*, 1992; *Rajkai*, 2001; *Rajkai*, 2004; *Shuttleworth*, 1991) vagy modellezésük *(Ács*, 1999; *Ács* 2003; *Ács* 2005; *Ács et al.*, 2007; Ács et al., 2008) nem egyszerű feladat. E változásokat meghatározó fizikai folyamatok kapcsolatrendszere ismertnek tekinthető *(Ács et al.*, 2000; *Ács*, 2008), sőt, a hazai gyakorlatban szerzett ismeretek oktatása is már lassan húsz éves múltra tekint vissza *(Czúcz és Ács*, 1999; *Ács és Lőke*, 2001; *Márfy és Ács*, 2002; *Ács és Drucza*, 2003). E vizsgálatok eleinte többnyire off-line típusú vizsgálatok voltak, azaz, mért légköri határfeltételek alkalmazásával futtatták a különböző talajmodelleket. E megközelítés manapság is használatos egyszerűsége miatt, főleg az oktatásban, ahol a modell működését meghatározó minden elem hatása részletesen elemezhető *(Ács*, 2008). E tanulmány célja egy talajmodell-működési vizsgálat fontosabb eredményeinek tömör ismertetése és a legfontosabb következtetések levonása. A talaj-modell működésével az érzékenységi vizsgálatok során ismerkedtünk meg. Ezekből három érzékenységi vizsgálatot emelnénk ki: a talajtextúra-kombinációk változására, a talaj vízvezető képesség átlagolási módjára és a párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására való érzékenységi vizsgálatot. A vizsgálatokat a „Felszín-légkör kölcsönhatás" című tárgy gyakorlatainak keretében végeztük el. A tárgy az ELTE Meteorológiai Tanszékének 1. éves MSc oktatásában szerepel, és mint látható, e vizsgálat évfolyamunk közös munkájának eredménye. Mi ezúttal a „rendszer" működésével kapcsolatos ismereteinket bővítettük, ami egyébként az operatív gyakorlatban is jelentősen könnyíti a munkát.

Anyag és módszer. ***Talajmodell.*** A modell részletes leírása megtekinthető *Ács* (1999) vagy *Márfy és Ács* (2002) munkájában. A homok-vályog-vályog és az agyag-vályog-vályog talajtextúra-kombinációk talajadatait az *1. táblázat*ban láthatjuk. A modell futtatásakor használt paraméter-értékek és a kezdeti feltételek a *2. táblázat*ban láthatók. A modellezett talaj szerkezetet az *1. ábra* mutatja be.

Légköri határfeltételek. A légköri határfeltételekről szintén részletesen olvashatunk *Ács és Drucza* (2003) vagy *Ács* (2008) munkájában. A meteorológiai állapothatározókra vonatkozó légköri határfeltételeket a braunschweigi szinoptikus állomás 6 napos adatsora szolgáltat-

ta, amely negyedórás időléptékben csapadék, léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélsebesség és globálsugárzás adatokat tartalmaz.

Érzékenységi vizsgálatok. Érzékenységi vizsgálatainkban három tényező hatását elemeztük: a talaj fizikai féleségének reprezentálása során használt talajtextúra-kombinációk hatását, a rétegek közötti vízvezető képesség átlagos értékének számítására szolgáló átlagolási módszerek hatását és legvégül a párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálásának hatását.
E tényezőket az alábbiakban részletesen ismertetjük külön-külön.

A talajtextúra-kombinációk változásaira való érzékenység. Vizsgáltuk a talajtextúra változásai iránti érzékenységet.

1. táblázat: A homok, a vályog, és az agyag fontosabb vízgazdálkodási paraméterei

Fizikai talajféleség	Vízgazdálkodási tulajdonságok			
	Ψ_S (m)	K_S (ms^{-1})	b	θ_S (m^3 m^{-3})
Homok	-0,121	176 10^{-6}	4,05	0,395
Vályog	-0,478	7 10−6	5,39	0,451
Agyag	-0,405	1,3 10^{-6}	11,4	0,482

2. táblázat: A modell futtatásakor használt paraméter-értékek és a kezdeti feltételek

Név	Jelölés	Érték	Mértékegység
Talajréteg vastagság	D1 – 1. réteg D2 – 2. réteg D3 – 3. réteg	0,1 0,2 0,3	m
Talajnedvesség (száraz eset)	θ_1 – 1. réteg θ_2 – 2. réteg θ_3 – 3. réteg	0,10 0,08 0,06	m^3m^{-3}
Levegő sűrűsége	ρ_a	1,2	kgm^{-3}
Víz sűrűsége	ρ_w	1000	kgm^{-3}
Pszichrometrikus állandó	γ	0,65	$hPaK^{-1}$
Levegő állandó nyomáson vett fajhője	c_p	1004	$Jkg^{-1}K^{-1}$
Vízgőzre vonatkozó gázállandó	R_v	461	$Jkg^{-1}K^{-1}$
Víz párolgáshője	L	$2{,}5\cdot10^6$	Jkg^{-1}
Csupasz talaj érdessége	z_0	0,01	m
Karmán konstans	k	0,41	-
Szélmérés magassága	*Dsdin*	10	m
Hőmérsékletmérés magassága	*Dsterm*	2	m
Stabilitási függvény (neutrális eset)	Ψ_m	0	-
Stefan-Boltzman állandó	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$	$Wm^{-2}K^{-4}$
Talaj-növény rendszer rétegének emisszivitása	ε_{vg}	1	-
Száraz talaj albedója	α_b	0,15	-
Sun empirikus állandók	*c1, c2, c3*	30; 3,5 2,3	sm^{-1}
Dolman empirikus állandók	*c4* *c5*	3,5 -2,3	sm^{-1}
Wallace empirikus állandók	*c6* *c7*	2,4 -1,9	sm^{-1}

A vízvezető képesség átlagolási módjára való érzékenység. Két talajréteg között a talaj vízvezető-képességét súlyozott számtani és mértani átlagolással becsüljük. A képletekben D_i az i-edik talajréteg vastagsága *(2. táblázat)*, K_i pedig annak vízvezetőképessége (ms^{-1}). Ennek számítási módja *Ács* (2008) tanulmányában megtalálható:

$$K_{i,i+1}=\frac{D_iK_i+D_{i+1}K_{i+1}}{D_i+D_{i+1}} \quad i=1,2$$

és

$$K_{i,i+1}=\sqrt{K_i\cdot K_{i+1}} \quad i=1,2.$$

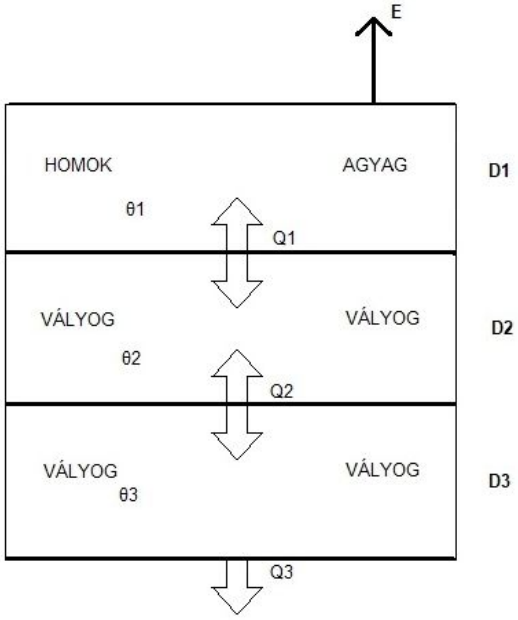
A párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására való érzékenység. Tanulmányunkban *Sun (1982)*, *Dolman* (1993) és *Wallace et al.* (1999) felszíni ellenállás parametrizációit használtuk:

Sun (1982):

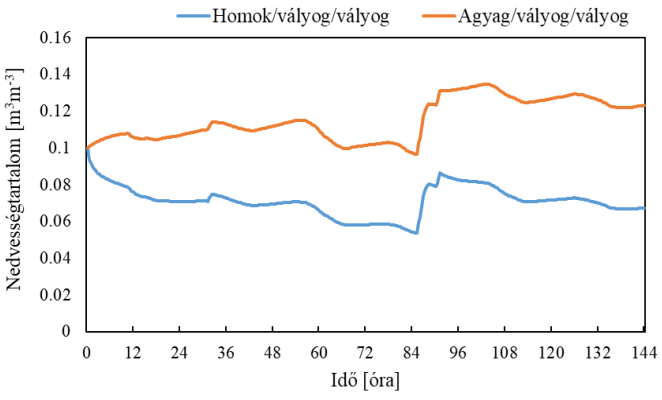
$$r^b=c1+c2\cdot\left(\frac{\theta_{S1}}{\theta_1}\right)^{c3}$$

Dolman (1993):

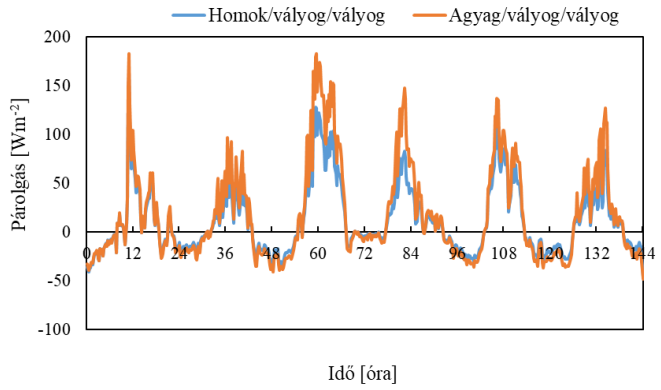
$$r^b=c4\cdot\theta_1^{c5}$$



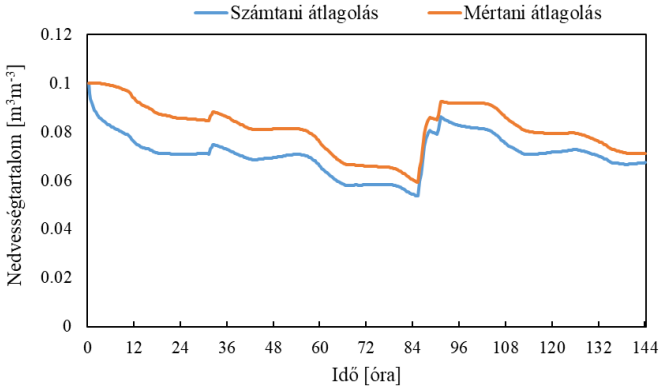
1. ábra: Sematikus ábra a modellezett talaj szerkezetéről



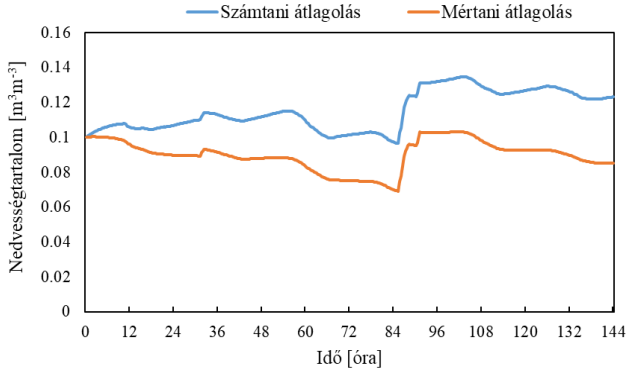
2. ábra: A csupasz-talaj felszíni rétege nedvességtartalmának időbeli változása különböző talajtextúra-kombinációk esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



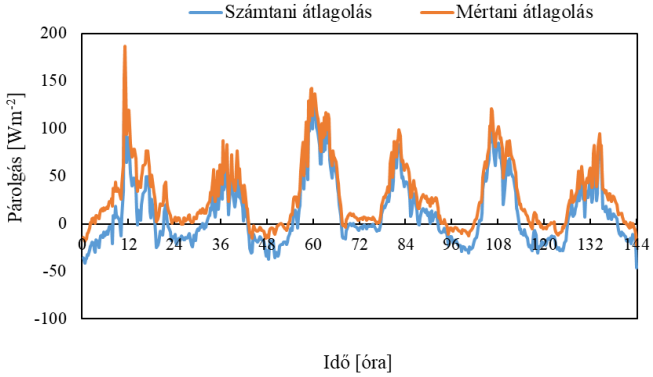
3. ábra: A csupasz-talaj felszíni rétege párolgásának időbeli változása különböző talajtextúra-kombinációk esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



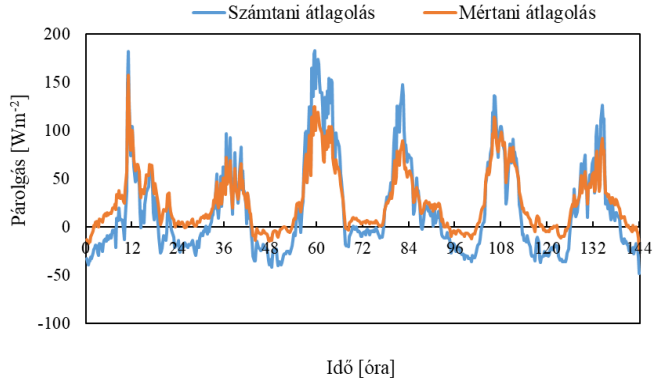
4. ábra: A felszíni homokréteg nedvességtartalmának időbeli változása a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



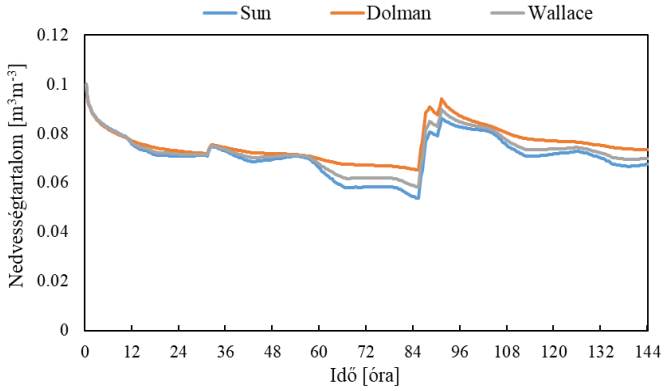
5. ábra: A felszíni agyagréteg nedvességtartalmának időbeli változása a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



6. ábra: A felszíni homokréteg párolgásának időbeli változása a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



7. ábra. A felszíni agyagréteg párolgásának időbeli változása a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban



8. ábra. A felszíni homokréteg nedvességtartalmának időbeli változása különböző párolgással szemben kifejtett felszíni ellenállás parametrizációk esetén az 1992. április 28. - május 3. közötti időszakban

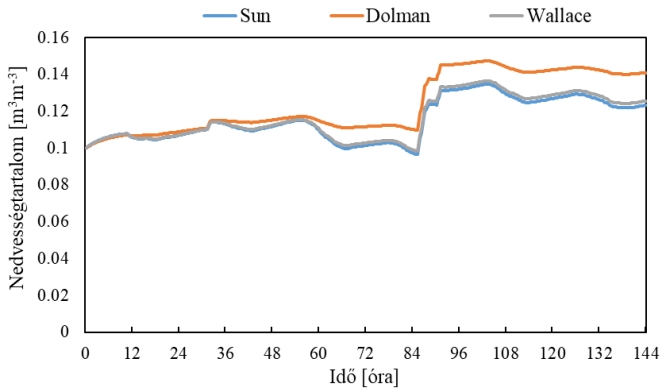
Wallace et al. (1999):

$$r^b = c6 \cdot \theta_1^{c7},$$

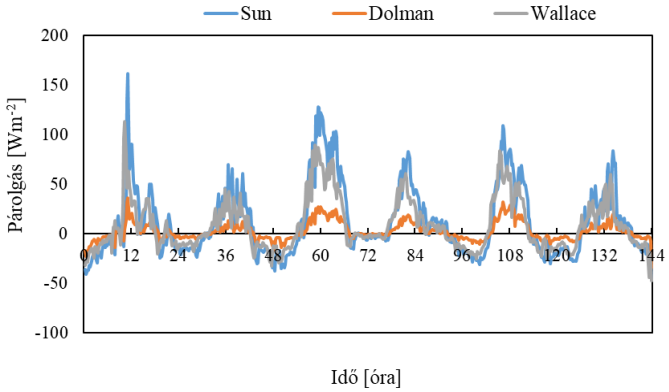
θ_1 felszíni talajnedvesség-tartalom, *c1* [sm^{-1}], *c2* [sm^{-1}], *c3*, *c4* [sm^{-1}], *c5*, *c6* [sm^{-1}], *c7* empirikus állandók értékeit a *2. táblázat* tartalmazza. θ_{S1} felszíni telítettségi talajnedvesség-tartalom értékek *Ács* (2008) munkájában találhatók meg.

Eredmények. Dolgozatunkban a felszíni talajréteg nedvességtartalmának és párolgásának időbeli változásait vizsgáltuk, nevezetesen, e változások érzékenységét a talajtextúra-kombinációk változásaira, a vízvezető-képesség átlagolásának módjára és a párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására. A felszíni ellenállás *Sun* (1982) parametrizációjával és a vízvezető-képesség számtani átlagolásával kapott eredményeket fogjuk referencia esetnek tekinteni.

Talajtextúra-kombinációk változásaira való érzékenység. A felszíni talajnedvesség-tartalom és a párolgás időbeli változásai a homok/vályog/vályog és az agyag/vályog/vályog talajtextúra kombinációk esetén a referencia esetben a *2.* és a *3. ábrán* láthatók. Szemléljük előbb a *2. ábrát*! Láthatjuk, hogy ugyanarra a kezdeti talajnedvesség-tartalom értékre a homok nedves (jó a vízellátottsága, mivel szabadföldi vízkapacitása 0,135 m^3m^{-3}), míg az agyag száraz (a vízellátottsága alacsony, mivel szabadföldi vízkapacitása 0,367 m^3m^{-3}). A homok nedves, ezért a víz gyorsan szivárog át rajta, aminek következtében már az első nap markáns talajnedvesség-



9. ábra: A felszíni agyagréteg nedvességtartalmának időbeli változása különböző párolgással szemben kifejtett felszíni ellenállás parametrizációk esetén, 1992. április 28.- május 3. között



10. ábra: A felszíni homokréteg párolgásának időbeli változása különböző felszíni ellenállás parametrizációk esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakban

tartalom csökkenés figyelhető meg. Az agyag esetében kezdeti talajnedvesség-tartalom növekedést láthatunk, mivel igen száraz. Az is észrevehető, hogy a 2. nap végétől a homok és agyag talajnedvesség-tartalom görbéi szinte „párhuzamosan" futnak, és e párhuzamosság a kisebb (2. nap) és a nagyobb (4. nap) csapadékkal jellemzett napokon is fennáll. Nézzük most meg a párolgási görbéket! A párolgás erősen függ a talajnedvesség-tartalomtól, ezért nem meglepő, hogy a párolgási értékek tükrözik a nedvességi viszonyokat. Mivel a homok talajnedvesség-tartalma kisebb, mint az agyagé, értelemszerűen a homokos felszín párolgása is kisebb, mint az agyagos felszíné. A nappali (pozitív látens hőáram-sűrűség értékek) és éjszakai (negatív látens hőáram-sűrűség értékek, ami harmatképződést jelent) napszakaszok egyértelműen elkülöníthetők, a napi menetek hullámzásszerűek. Ez a talajnedvesség-tartalom esetén közelről sem ennyire kifejezett. Az éjjeli időszakaszban a harmatképződés egyértelműen megmutatkozik, és ez a két talajtextúra-kombináció esetén hozzávetőlegesen azonos. Számszerűsítsük ennek közelítő értékét 1 m^2-es területen! Feltéve, hogy a látens hőáram-sűrűség érték éjszaka -20 Wm^{-2}, és, ha ez egy órán keresztül fennáll, akkor a képződő harmat tömege négyzetméterként és óránként 29 g. Hasonló becslés adható az elpárolgott víz mennyiségére is. 50 Wm^{-2}-es nappali látens hőáram-sűrűség értékkel számolva, az 1 m^2-es felszínről 8 óra alatt az elpárolgott víz mennyisége fél liter.

A vízvezető képesség átlagolásának módjára való érzékenység. A felszíni homok- (homok-vályog-vályog talajtextúra-kombináció) és agyagréteg (agyag-vályog-vályog talajtextúra-kombináció) időbeli változásait a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén a *4.* és az *5. ábrán* láthatjuk. Homok esetén a számtani átlagolással kapott görbe a mértani átlagolással kapott görbe alatt vonul. Agyag esetében ez a helyzet fordított. Megfigyelhető az is, hogy a homokra és az agyagra vonatkozó görbék közötti eltérések észrevehetően különböznek. Ezek a különbségek nagyobbak agyag, mint homok esetében. A legnagyobb értékek 0,03–0,04 m^3m^{-3} körül vannak.

Az ábrák azonban annyiban hasonlók, hogy a második és a negyedik nap csapadéktevékenysége mindkét esetben jól kivehető. A párolgási görbék összhangban vannak a talajnedvesség-tartalom görbékkel. Így, homok esetén a számtani átlagolással kapott párolgás kisebb, mint a mértani átlagolással kapott párolgás. Agyag esetén fordítva, a számtani átlagolással kapott párolgás nagyobb, mint a mértani átlagolással kapott párolgás. Kiemelendő, hogy az éjszakai harmatképződés kiemelten érzékeny a vízvezető képesség átlagolásának módjára. Ez az érzékenység a nappali időszakban is számottevő. A felszíni homokréteg nedvességtartalmának időbeli változását a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén a *6. ábra*, míg a felszíni agyagréteg párolgásának időbeli változását a vízvezető képesség számtani és mértani átlagolása esetén az 1992. április 28. és május 3. közötti időszakra a *7. ábra* mutatja be.

A talajnedvesség párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására való érzékenysége. A felszíni homok és agyag talajnedvesség-tartalmának időbeli változása különböző párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálásokra a *8.* és a *9. ábrán* látható. Mint ahogy már említettük, mindezen esetekben a számtani átlagolással kapott vízvezető képesség értékeket használtuk. Mindkét ábra kapcsán elmondható, hogy az első napon még nincs szignifikáns eltérés a különböző parametrizációkkal kapott görbék között. A harmadik naptól kezdve az eltérések már markánsabbak mind a nap délutáni, mind az éjszakai feltöltődési, mind a csapadékhullás időszakaiban. A Wallace- és a Sun-féle parametrizációkkal kapott görbék igen közel futnak egymáshoz, a Dolman-féle parametrizációval kapott görbe mindkét talajtextúra-kombináció esetén jelentősen eltér ezektől. A mértani átlagolás alkalmazásával – e görbék bemutatását most terjedelmi okok miatt mellőzzük – ezek az eltérések még jelentősebbek. Ebben az esetben a Sun és a Wallace parametrizációjával kapott görbék közötti eltérések nagyobbak, mint amit láthatunk a *8.* vagy a *9. ábrán*. A számtani átlagolással kapott maximális eltérés 0,01 m^3m^{-3}, míg a mértani átlagolással kapott maximális eltérések 0,03 m^3m^{-3} körüliek. A felszíni homok és agyag párolgásának időbeli változását különböző felszíni ellenállás parametrizációk esetén a *10.* és a *11. ábra* szemlélteti. Vegyük észre, hogy Dolman-féle parametrizációval kapott legmagasabb talajnedvesség-tartalom értékekhez tartozó párolgás értékek a legalacsonyabbak, míg a Sun-féle parametrizációval kapott legalacsonyabb talajnedvesség-tartalom értékekhez tartozó párolgás értékek a legmagasabbak. Vajon ellentmondásos-e ez? Nem, ugyanis *Dolman* (1993) és *Sun* (1982) parametrizációja jelentősen eltérnek egymástól. Tegyük fel, hogy a felszíni talajnedvesség-tartalom érték

0,07 m^3m^{-3}. E talajnedvesség-tartalom értékre vonatkozóan a Sun-féle felszíni ellenállás érték 217,3 sm^{-1}, míg a Dolman-féle felszíni ellenállás érték 1586,1 sm^{-1}, ami több mint hétszerese a Sun-féle értéknek. Tehát ugyanakkora talajnedvesség-tartalom értékre a Dolman-féle parametrizációval kapott párolgás sokkal kisebb, mint a Sun-féle parametrizációval kapott párolgás a nagyobb felszíni ellenállás értékek miatt. Megemlítendő az is, az éjszakai harmatképződés nem csupán a vízvezető képesség átlagolásának módjára, hanem a felszíni ellenállás parametrizálására is rendkívül érzékeny. Ez egyértelműen látható a felszíni homokréteg esetén. Ugyanis, a felszíni agyagrétegnél tapasztalt 10 Wm^{-2}-es legnagyobb eltérések a felszíni homokréteg esetén egyes napokon akár a kétszeresére is növekedtek.

Konklúzió. Tanulmányunkban – a gondolat-kísérletek számítógépes megvalósításával – részletesen tanulmányoztuk a talajnedvesség-tartalom és a csupasz talaj párolgás időbeli változásainak érzékenységét a talajtextúra-kombinációk (homok-vályog-vályog/agyag-vályog-vályog) változásaira, a vízvezető képesség átlagolásának módjára és a párolgással szembeni felszíni ellenállás parametrizálására. Amire rájöttünk, az az, hogy a tényezők (a talaj fizikai féleségének hatása/a rétegek közötti vízvezető képesség átlagolása, a felszíni ellenállást jellemző empirikus képletek közötti eltérések) markáns különbözősége ellenére, egyiknek hatása sem hanyagolható el. A talajtextúra-kombináció alapvetően meghatározza a felszíni talajréteg nedvességtartalom változásainak tendenciáját. Azt is láthattuk, hogy az átlagolásra és a parametrizálásra való érzékenység igen nagy a nap éjjeli időszakában, amikor a harmatképződés a jellemző folyamat. Ugyan nem szemléltettük, de megemlítettük, hogy a parametrizálásra való érzékenység nagyobbnak mutatkozott a mértani, mint a számtani átlagolás esetén. A modell kitűnő játékeszköznek bizonyult a „rendszer" működésének megismerésére. Ez a „rendszer" ezúttal igen egyszerű volt: egy talajmodell, melyet off-line módon futtattuk mért légköri határfeltételek segítségével. A Tanszék számítógép kapacitása egyelőre csak ezt a vizsgálati módszert engedi meg. Meggyőződésünk, hogy előbb-utóbb, de inkább előbb, mint utóbb, a számítógép kapacitás növekedésével és az informatikai háttér fejlődésével on-line típusú vizsgálatokat is végezhetünk majd gyakorlat óráinkon. Az on-line típusú vizsgálatokban a talaj és a légkör kölcsönhatásban vannak, így a „rendszer" működése sokkal mélyebben és szélesebb kitekintésben ismerhető meg. Feltételezzük, hogy ennek tükrében a most kapott érzékenységi vizsgálati eredményeink is módosulni fognak. Számunkra azonban az off-line módon szerzett tapasztalatok voltak, vannak előtérben *(Ács*, 2008).

Köszönetnyílvánítás. E tanulmány megírásához a lelkesítő buzdítást és a motivációt *dr. Ács Ferenc*, a Felszín-légkör kölcsönhatás vezető oktatója adta. Nagyon szépen köszönjük e segítségét, közbenjárását, ami mindenféleképpen színesebbé tette a tárgyat is és a tanulmányainkat is.

Irodalom

Ács, F., 1999: The Penman-Monteith concept based land-surface model PMSURF. *Időjárás* 103, 19–36.

Ács, F, Hantel, M. and Unegg, J. W., 2000: Climate Diagnostics with the Budapest-Vienna Land Surface Model SURFMOD. *Austrian Contributions to the Global Change Program*, *National Committee for the IGBP, Austrian Academy of Sciences*, pp. 116

Ács, F. és Lőke, Zs., 2001: Biofizikai modellezés az agrometeorológiában. *Légkör* 46(3), 2–7.

Ács, F. és Drucza, M., 2003: A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására. *Légkör* 48(2), 9–16.

Ács F., 2003: On the relationship between the spatial variability of soil properties and transpiration. *Időjárás* 107, 257–272.

Ács, F., 2005: On transpiration and soil moisture content sensitivity to soil hydrophysical data. *Bound. Layer Meteorol. 115*, 473–497.

Ács F., Breuer, H., és Szász, G., 2007: A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyészidőszakban. *Agrokémia és Talajtan* 56, 217–236.

Ács, F, Horváth, Á., és Breuer, H., 2008: A talaj szerepe az időjárás alakulásában. *Agrokémia és Talajtan* 57, 225–238.

Ács, F. 2008: A talaj-növény-légkör rendszer meteorológiai alkalmazású modellezése. Alkalmazások a tudományban és az oktatásban. *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, ISBN 963 868 9511, pp. 249

Ács, F., Rajkai, K., Breuer, H., Mona, T., and Horváth, Á., 2015: Soil-atmosphere relationships: The Hungarian perspective. *Open Geosciences 7*, 395–406.

Czúcz, B. és Ács, F., 1999: A labilis rétegződés parametrizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerekkel. *Légkör* 44(2), 2–6.

Dolman, A., 1993. A multiple-source land-surface energy balance model for use in general circulation models. *Agric. Meteorol. 65*, 21–45.

Márfy J. és Ács F., 2002: A csupasz talajfelszínközeli réteg nedvességi viszonyainak modellezése a Penman-Monteith-féle képlet alapján. *Légkör* 47(3), 23–26.

Rajkai K., and Rydén, B. E., 1992: Measuring areal soil moisture distribution with the TDR method. *Geoderma* 52, 73–85.

Rajkai K., 2001: Mérés, becslés és modellalkalmazás a talajvízgazdálkodás témakörben. *Habilitációs Értekezés tézisei*, (MTA TAKI Herman Ottó út 15., 1525 Budapest), pp. 22

Rajkai K., 2004: A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. *MTA talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet*, ISBN 963 214 752 9, Budapest, pp. 208

Shuttleworth, J. W., 1991: Evaporation Models in Hydrology. in *Schmugge T. J. and Andre J.-C.* (eds.): Land surface evaporation: measurement and parameterization. *Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg*, 93–120.

Posza, I. és Stollár, A., 1983: A tényleges párolgás számításához használt növény-konstansok értékei többévi mérés alapján. *Időjárás* 87, 170–177.

Sun, S. F., 1982: Moisture and heat transport in a soil layer forced by atmospheric conditions. *M.S. Tesis, Dept of Civil Engineering, University of Connecticut*, pp.72

Wallace, J. S, Jackson, N. A. and Ong, C. K., 1999: Modelling soil evaporation in an agroforestry system in Kenya. Agric. For. Meteorol. 94*, 189–202.*

A ZIVATARELEKTROMOSSÁG MAGYARÁZATA A GRAUPEL RÉSZECSKÉK POLARIZÁCIÓJÁVAL ÉS TÖLTÉSSZÁLLÍTÓ MECHANIZMUSÁVAL A TIF (TRIPLE INTERACTION FACILITY) MŰKÖDÉSÉNEK PÉLDÁJÁN

EXPLANATION OF THE STORM ELECTRICITY BY THE GRAUPEL PARTICLE POLARIZATION AND THEIR CHARGE TRANSPORT MECHANISM WITH THE EXAMPLE OF FUNCTIONING OF TIF (TRIPLE INTERACTION FACILITY)

Oláh Róbert
Nagykőrösi Arany János Kulturális Központ,
Arany János Közérdekű Muzeális Gyűjtemény, 2750 Nagykőrös, Szabadság tér 7., *olahr88@gmail.com*

Összefoglalás. A zivatarok kialakulása során elsődleges folyamatnak kell tekintenünk a jégszemek polarizációját, hiszen ezáltal jobban megismerhetjük a felhőkön belüli mikrofizikai folyamatokat. A jégszemek töltésszállító mechanizmusát egy kevésbé ismert elmélettel *(Mason and Mason*, 2003) és egy, a technológiájában újszerű eszközzel szeretném bemutatni *(Berdeklis and List*, 2001), mely továbbfejlesztésére volna igény, végig szem előtt tartva a kutatás és fejlesztés pozitív és negatív hatásait egyaránt. Fontosnak tartom a gyakorlati és fizikai eredmények tárgyalását, mely nélkülözhetetlen az egyes jégfelszíni folyamatok megismerésében, valamint a légköri kisülések lefolyásában, miként a modellt alkalmazhatjuk nemcsak egy, hanem multi- vagy szupercellás felhőkre egyaránt.

Abstract. Polarization of the ice granules should be regarded as primary process during the formation of thunderstorms thus we can better recognise the microphysical processes inside the clouds. I would like present charge carrier mechanism of graupels with a little-known theory *(Mason and Mason,* 2003), and with a new technology tool *(Berdeklis and List, 2001*), which would need further development, bearing in mind the research and development of both positive and negative effects. It is important the discussion of the practical and physical results, which is essential for some of the ice particular surface processes, as well as atmospheric discharges in their course, how the model can be used not only for a simple cloud but both in multi- or supercell.

Bevezetés. A zivatarelektromosság a mindennapjaink részét képezi, hiszen közvetlenül befolyásolja a közlekedést, a távközlést, az általános közérzetet és az élet apróbb szegmenseit egyaránt. Ezen komplex hatások a légelektromosság során nemcsak az elektromos erőtér alakulásával magyarázhatóak, hanem a hőmérséklet, a légnyomás, a csapadék, a felhőzet és a domborzati viszonyok együttes hatásának eredményeképpen is *(Lányi*, 1990). Minden másodpercben megközelítőleg 1800 zivatar alakul ki a Föld légterében, melyekből átlagosan 100 villámkisülés keletkezik másodpercenként. Ebből kiszámolható, hogy a kisülések száma egy nap több mint 8,6 millió, melyek hozzájárulnak az atmoszféra elektromos egyensúlyához *(Oliver and Fairbridge*, 1987). Ezen hatalmas energiamennyiség keletkezésének megértéséhez fontos a zivatarelektromosság modellezése, mely választ adhat a kérdéseinkre, mint például, hogy miért és hogyan alakulnak ki a *graupel* részecskék (hódarára emlékeztető szilárd csapadékelemek), milyen dinamikával és fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek, miképpen generálhatnak elektromos erőteret, valamint milyen közvetlen hatások érik azokat egy felhőn belül.

A zivatarokról röviden. A meteorológiában zivatarnak nevezzük a fényfelvillanással és dörgő hangjelenséggel járó elektromos kisülést *(Czelnai és Szepesiné*, 1986). Mivel a kisülés (a villámlás) rendszerint, de nem minden esetben, jár intenzív csapadékhullással együtt, ezért gyakran a Cumulonnmbus felhőhöz társítható időjárási helyzetet, a záporesőt gyakran nevezzük zivatarnak (zápores, zivatar).

A zivatarfelhők (cumulonimbus, Cb) kialakulásához a meleg, nedves légtömegek hirtelen felemelkedése szükséges. Ilyenkor a turbulens áramlások túlhűlést, párakicsapódást, felhőképződést és villamos töltésszétválasztódást okozhatnak. Beszélhetünk hőzivatarról, melynek során a napsugárzás a talaj közelében lévő légtömeget felmelegíti és a felette található hideg légréteggel instabil helyzetének köszönhetően helyet cserél; ill. létrejöhet a domborzati zivatar is, melynek során a hegylábaknak ütköző és felfelé áramló meleg légtömegek hozzák létre a zivatarfelhőket *(Horváth*, 1980). Utóbbi hazánkban a domborzati viszonyok miatt nem gyakori, viszont a frontzivatarok kialakulása annál markánsabb a Kárpát-medencében. Ilyenkor nyugat felől nagy sebességű hidegfront tör be hazánkba, mely, ha meleg levegővel találkozik, azt vertikálisan felfelé szorítja, s így létrehozza a *cumulonimbus* felhőzetet. Különböző típusú Cb felhőkről szép felvételek találhatók a *Kolláth et al.* (2018) kiadványban. A betörő hidegfront mérsékelt égövi ciklonokban keletkezik, és ahhoz, hogy zivatarfelhőről beszélhessünk, a felszálló levegő hőmérsékletének mindenképpen el kell érnie a harmatpontot. Ez a tény, ill. a konvektív feláramlások játszanak majd döntő szerepet a polarizációs modellekben.

A zivatarfelhő (cumulonimbus) függőleges felépítésű felhő. Tetején gyakran képződik üllő. Vertikális kiterjedés átlagosan 8–12 km közé esik, a felhőalap szélessége pedig 2–6 km között mozoghat. Természetesen létezhetnek extrém méretű zivatarfelhők is, melyek magassága

elérheti a 15–16 km-t is, elsősorban az alacsonyabb szélességeken. A belsejében az erőteljes konvektív feláramlások csapadékképződést hozhatnak létre. Az *1. ábra* egy tipikus, üllő alakú zivatarfelhőt mutat be, melyen jól látszódik, hogy a felhőtető szimmetriája tökéletes, ami a magasabb légrétegekben keletkező szél hiányának köszönhető. A kép érdekessége, hogy viszonylag kis területen igen erőteljes feláramlás történt, ami igen magas Cb felhőt alakított ki.

Jelentősebb töltésszétválasztódási elméletek. Több zivatarelmélet is létezik, mely alkalmas a zivatarelektromosság kérdésének megválaszolására, bár olyan modell nem, mely az összes problémát maradéktalanul megoldaná. *Aujeszky* (1957) szerint az egyes, részletekben eltérő modellek vizsgálata során megállapítható, hogy egy dologban mindenképp egyezik az összes, mégpedig a csapadékelemek együttes jelenléte, vagyis az, hogy vagy szilárd, vagy szilárd és folyékony elemek egyszerre vannak jelen a feláramlásban, mely hozzájárul a töltések keletkezéséhez, valamint a töltések térbeli elkülönüléséhez. Az azóta eltelt több mint fél évszázad során ezen megállapítás mit sem vesztett érvényességéből. A következőkben a teljesség igénye nélkül csak néhány elméletet mutatnék be szemléltetésképpen.

1. ábra: Egy zivatarfelhő képe hazánk felett Bajától keletre. (fotó Goda, 2018)

Wall 1947-es elmélete az ún. *asszimmetria-effektus*, mely azon alapszik, hogy a zivatarfelhőn belül hulló testek töltéseket gyűjtenek azáltal, hogy esésük közben ionokkal találkoznak. Ezen elgondolás során figyelembe kell venni, hogy a hulló testek elektromosan semlegesek a kiindulási pontjuktól, ill. a töltésgyűjtés során az ionok a testekhez kapcsolódnak. A lehulló csapadék geopotenciális energiájának egy része villamos energiává alakul, így az elmélet feltételezi, hogy a nehézségi erőtér erősíti a kialakult mező energiáját *(Aujeszky*, 1957). Wall elméletének gyenge pontja, hogy a zivatarfelhőkön belül a csapadék halmazállapota elsősorban szilárd, bár így a havazásos zivatarok magyarázatára alkalmasnak bizonyulhat.

Korábban igen elterjedt volt az ún. Lenard-Simpson-elmélet, mely szerint a töltés a lefelé hullás következtében széteső cseppeknek köszönhető *(Pierce and Whitson*, 1965). Ezen elméletet vízeséseken megfigyelt mérések alapján állították fel, ahol kimutatták, hogy a kisebb cseppeken negatív, míg a nagyobb cseppeken pozitív töltések koncentrálódnak *(Bencze et al*., 1982). Az elmélet, mint kiderült, nem helytálló, mivel a *cumulonimbus*ok térbeli töltéseloszlása éppen fordított, mint amit a Lenard-Simpson csapadékképződési elmélet feltételezett.

A zivatarfelhők töltéseloszlása igen változatos, mivel az áramlások módosítják a kialakult gócpontokat. Azonban a számításokhoz helytálló a Simpson-Robinson-féle felhőmodell *(Robinson*, 1941), mely szerint a vízcseppek megfagyása is töltésmegoszlást idéz elő. Ellentétben a Lenard-Simpson-modellel, a kisebb jégszemek pozitív, míg a nagyobbak negatív töltésűek lesznek. Ily módon a felhő struktúrája elég jól kirajzolható, mely szerint a zivatarcellákban a töltések rétegesen helyezkednek el és megadott hőmérsékleti értékek mellett alakulnak ki *(Horváth*, 1980).

Fontos megemlíteni a Faraday-féle elektrizációs effektuson alapuló, 1948-ban megfogalmazott Workman-Reynolds-féle zivatarelméletet, mely azon alapszik, hogy a különböző halmazállapotú hulló felhőelemek ütközésekor nemcsak a halmazállapotuk változik meg, hanem mechanikai különválás is létrejön. Ez azon a kísérleten alapszik, melynek során híg oldatok megfagyásakor töltésszétválás figyelhető meg *(Workman and Reynolds*, 1948). Mivel a felhőtömegek nem tisztán vízből állnak, hanem különböző vegyi anyagokat is tartalmaznak, így a csapadékelemek vegyi oldatként vannak jelen az atmoszférában, ami megmagyarázza a potenciálkülönbségek okát *(Aujeszky*, 1957). Ezen elmélet feltételezi, hogy a felhőbe juttatott vegyi anyagok késleltetni tudják a polarizáció mértékét és idejét, ami az időjárás-módosítás alapja lehet.

Geresdi (2004) munkájában kifejti, hogy a zivatarfelhők elektromos „generátoroknak" tekinthetőek, melyek egyaránt képesek a töltések létrehozására és szétválasztására. *Rákóczi* (1998) két elméletet is felvázol: az egyik szerint a pozitív és negatív töltések szétválasztódása a felhőn belül játszódik le, és a döntő szerep a konvektív feláramlásoké; míg a másik szerint a felhőelemek gravitációs elkülönülése miatt következik be az elektromos polarizálódás.

Péczely (2002) rámutatott, hogy a zivatarfelhők rétegződését felboríthatják a konvektív áramlások, melyeket a vízszintes irányú villámok keletkezésével magyaráz. Ennek létrejöttéhez feltételeznünk kell, hogy a csapadékhullási zóna felett (ami általában negatív) egy pozitív töltésgóc van jelen, mely nélkülözhetetlen a kisülés létrejötté-

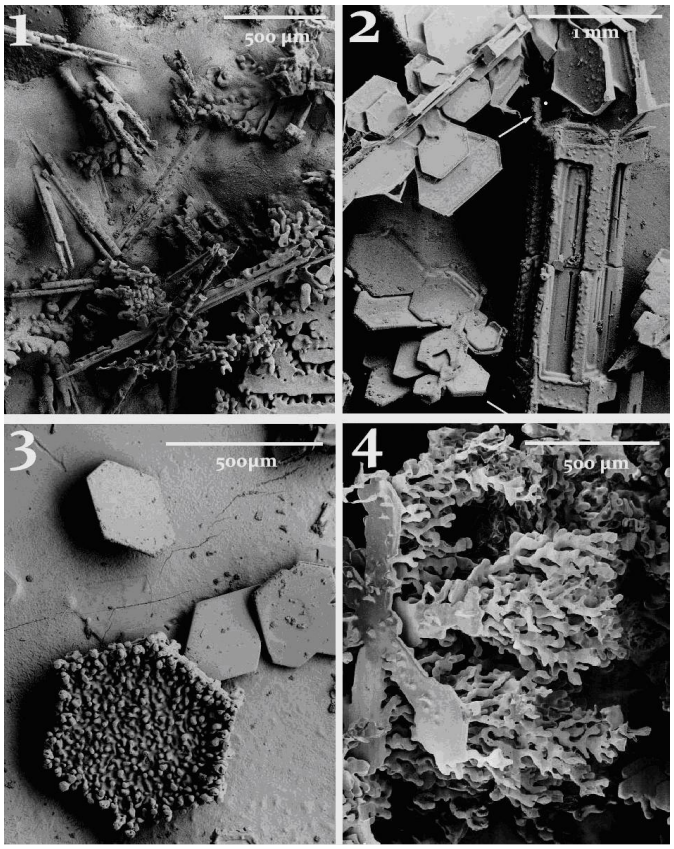
hez. A zivatarfelhők töltésével kapcsolatos kutatási irányok az elmúlt években a graupelek vizsgálata felé tolódott, melyek a modern kutatási eszközök mellett igen szemléletesen mutatják be a töltések kialakulását, ill. rétegződését egy cumulonimbus belsejében.
A teljesség igénye nélkül meg kell említenünk a hidrometeorokkal kapcsolatos töltésszétválasztási folyamatokat, melyek során a zúzmarásodás folyamata mellett a jégrészecske túlhűlt vízcseppel találkozik, mely részben (nedves növekedés) vagy egészben (száraz növekedés) ráfagy a jég felszínére, így növelve annak tömegét. A kialakult graupelek felszíne esés közben negatív töltésűvé válik, 0 °C felett a teljes elolvadás mellett pozitív töltésű esőcseppként érnek a földfelszínre *(Saunders*, 2008). *Kordás és Ács* (2017) hiánypótló munkájukban kifejtik *Drake* (1968) elméletét, mely szerint a graupel töltésszétválasztása úgy lehetséges, hogy annak negatív töltésű felszínének olvadásakor buborékok keletkeznek, melyek esés közbeni szétrobbanásakor a kisebb vízcseppek további negatív töltéseket visznek magukkal, így végeredményben a graupel pozitív töltésűvé válik. Ugyanezen tanulmány további töltésszétválasztási modelleket ír le, úgy mint a diszlokációs szétválasztódást, a jégrészecskék termoelektromos jelenségeit, a jégfelszín töredezése és az elektromos jelenségek közötti kapcsolatokat, valamint a zivatarfelhők nem-induktív töltésszétválasztási mechanizmusát.

A graupel részecske polarizációja és töltésszállító mechanizmusa. A zivatarfelhőt alkotó vízmolekulák elektromosan semlegesek, *Péczely* (2002) szerint a jégszemek kialakulását a kis mértékben disszociált hidrogén- és hidroxidionok okozzák. A töltések elkülönülését a jégrészek egymással való ütközésével és deresedésével, azaz a vízgőznek a depozíciójával, vagyis a jégfázis kialakulásával magyarázhatjuk. E mellett fontos megemlítenünk a zúzmarásodás folyamatát, mely nem más, mint a túlhűlt vízcseppek fagyása a 0 °C alatti hőmérsékletű felületekre. Ezen mikrofizikai folyamat során a töltések a zivatarfelhő fagypont alatti rétegeiben keletkeznek, melyet laboratóriumi mérésekkel igazoltak. A graupelek esetében a polarizáltság egyértelműen a hőmérséklet függvénye. A kutatások rámutattak, hogy −15 °C alatti hőmérsékleten a vertikálisan lefelé mozgó jégrészecskék töltése negatív, míg a felfelé mozgók töltése pozitív előjelű lesz. Magasabb hőmérsékleten ez a folyamat éppen ellentétes irányban zajlik le, mint ahogy azt általánosan feltételezte a Lenard-Simpson-modell *(Geresdi*, 2004).

A polarizáció és a szállító mechanizmus tárgyalása előtt vizsgáljuk meg magát a hódarát közelebbről. A Meteorológiai Világszervezet besorolása szerint a graupelt, anyagi jellemzőit tekintve, ugyanolyan csapadéknak kell tekintenünk, mint a jégesőt. A felületén *akkréciós* növekedés indulhat be, melynek oka, hogy a cseppek jégkristályokkal találkoznak és azok a felületükön a túlhűlés miatt megtapadnak. Ezt a folyamatot zúzmarásodásnak is hívjuk, melynek során a felületi kristályok alakja lehet tűs, oszlopos, dendrites, valamint lemezes. A *2. ábra* képeit alacsony hőmérsékletű pásztázó elektronmikroszkóppal készítették (LT-SEM), ahol a hódara felszínén apró túlhűlt vízcseppeket láthatunk.

Az ábra első képén -2 °C-os léghőmérsékleten gyűjtött mintát láthatunk; míg a másodikon a legkisebb jégkristályokat, melynek végén a tűk ~ 10 µm méretűek. A kép készítésekor a környezet hőmérséklete -3 °C volt. A harmadik képen hexagonális kristályok láthatóak -12 °C hőmérsékleten; míg az utolsó képen 0 °C hőmérsékleten ~ 0,5 mm méretű, erőteljes dendrites alakzat jelenik meg.

A fentiekben láthatjuk, hogy milyen változatos alakzatokban jelenhet meg a jegesedés. A graupelek mérete és alakja *Kubicek* (2013) munkája alapján az alábbi képlet-



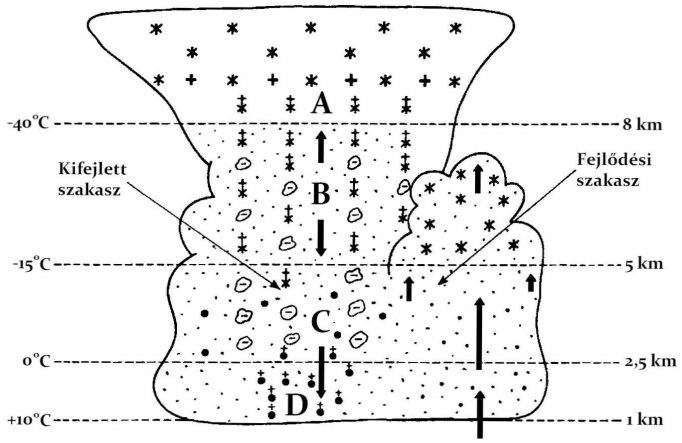
2. ábra: Fagyott felhőcseppek felszíni képei alacsony hőmérsékletű pásztázó elektronmikroszkóp alatt. 1: tűk; 2: „sapkás oszlopok" tűs végekkel; 3: hexagonális lemezek; 4: dendrites zúzmarásodás (Rango et al., 2003)

tel számítható ki:

$$y=\pm a\sqrt{1-\frac{z^2}{c^2}\cos^{-1}\left(\frac{z}{\lambda c}\right)} \qquad (1)$$

ahol **y** a felület horizontális, míg **z** a vertikális koordinátája. Az **a**, **c** és **λ** a meghatározandó paraméterek, ahol **a** a hossztengely felével, míg **c** a függőleges tengely hosszával egyezik meg. Az egyenlet levezetése során megjegyzendő, hogy **λ** egy dimenzió nélküli szám. A számítás figyelembevételével közelebb kerülhetünk a graupelek alakjához, melynek nagyságrendje ily módon biztonsággal kiszámítható *(Wang*, 1982).

Mason and Mason (2003) elmélete szélcsatornában végzett kísérleteken alapul, melynek során a graupelek zúzmarásodását vizsgálták. Ezen elgondolás értelmezéséhez először a zivatarfelhő rétegződését kell megértenünk. A *3. ábra* egy Cb felhő felépítését mutatja be a kialakult részecskék, áramlások és töltések figyelembevételével. Az ábrán jól látható, hogy a felhőalap átlagos hőmérséklete 10 °C, ami jóval fagypont feletti. Vertikálisan felfelé haladva a magasság emelkedésével a hőmérséklet számottevően csökken, így átlagosan 1,5 km-enként 10 °C hőmérséklet csökkenés tapasztalható. A zivatarfelhő belsejében a hőmérséklet nem ritkán elérheti a -40 °C-ot, mely a felhőtető szintjében alakul ki a feláramlások miatt. Ezen hőmérséklet eléréséhez a felhőn belül megközelítőleg elég 5 km-t emelkednünk, ahol már csak jégkristályok találhatók.
A hőmérsékleti rétegződés mellett megfigyelhető, hogy a felhőalaptól fölfelé haladva kb. 4 km magasságig csak



*3. ábra: Kialakult részecskék, áramlások és töltések egy zivatarfelhőben. **A:** elkülönült nagy mennyiségű + töltés; **B:** kevert töltésű réteg; **C:** elkülönült − töltés; **D:** másodlagos + töltés; ·: felhőelem; • : esőcsepp; ○ : graupel; ✱ : jégkristály (Mason and Mason, 2003)*

folyékony halmazállapotú felhőelemekkel találkozhatunk. Ebben a vertikális intervallumban az esőcseppek a dominánsak a helyi hőmérsékleti viszonyokból adódóan, de meg kell jegyeznünk, hogy a gyakori villámlást eredményező zivatarok során nem ritka, hogy a felszínt elérő csapadék jégeső.

A 2,5–8 km közötti rétegben a felhőelemek között megjelennek a graupel részecskék is, melyek jelenlétét kutató repülőgépek és radarfelvételek bizonyítják. Az egycellás zivatarfelhő kialakulása és megszűnése között kb. 45–60 perc telik el, míg egy többcellás és az ún. szupercellák esetében az „élettartam" a több órát is elérheti, melynek során a feláramlások sebessége változik azok belsejében. A fejlődési szakaszban a konvektív áramlások révén a felhőelemek és a vízcseppek mérete és esési sebessége eltérő, s folyadéktartalmuk nagymértékben függ a felhőalap szintjében előforduló hőmérsékleti viszonyoktól, hiszen azok növekedése koagulációval történik *(Harrison*, 2001). A feláramlási sebesség átlagosan 5–10 ms^{-1}, de elérheti a 30 ms^{-1} értéket is *(Mason and Mason*, 2003). Elkülönült, nagy mennyiségű töltések a felhőtetőben találhatók, míg a felhő közepén lévő kevert töltésű réteg vertikálisan lefelé, ill. felfelé is elmozdulhat. A felhőalapban találhatók az elkülönült negatív töltések, ez alatt egy vékony rétegben a másodlagos pozitív töltések, melyeket *Péczely* (2002) a már említett vízszintes kisülésekkel magyaráz. A kifejlett szakaszban a graupelek negatív töltésűek, melynek oka a nekik ütköző pozitív töltésű kisebb felhőelemek.

Geresdi (2004) rámutatott arra, hogy a csapadékképződés fontos szerepet játszik az elektromos töltések szétválasztásában oly módon, hogy jól egybeesnek azon rétegek, ahol nagy a térerősség és a radarreflektivitás (>40 dBZ). Ehhez az a tény is hozzájárul, hogy a töltéseloszlás a Cb-ban tripólussal közelíthető meg a legjobban, valamint a graupelek koncentrációja és a villámaktivitás között szoros kapcsolat mutatkozik *(Miller et al*., 2001).

A jégkristályok egyrészt a vízgőz lecsapódása, másrészt a túlhűlt vízcseppekkel való ütközésnek (zúzmarásodás) köszönhetően növekednek. A jég mikrofizikáját vizsgálva a diffúziós növekedési ütemet az alábbi módon írhatjuk fel, ami fontos a graupelek kialakulásában *(Pruppacher and Klett*, 1978):

$$\frac{da}{dt} = \frac{D_v e_{isat}(T) S(z)}{r_i} \qquad (2)$$

ahol **da** a kristály diffúziós területe, míg **dt** a folyamat ideje, $\mathbf{D_v}$ a diffúziós állandó vízgőz a levegőben, az $\mathbf{e_{isat}(T)}$ a jég vonatkozásában a telített gőz sűrűsége, az **S (z)** a felhőben lévő túltelített levegő a jég tekintetében és az $\mathbf{r_i}$ a jég sűrűsége. Az egyenletet jobban megvizsgálva láthatjuk, hogy a jégszem, azaz a hódara mérete hiányzik a jobb oldalon. A következtetést levonva megállapíthatjuk, hogy maga a folyamat nem a növekedés miatt, hanem a párolgás (lecsapódás) miatti hőfelszabadulás (hőelvonás) miatt fontos. Itt meg kell jegyeznünk, hogy a hódara növekedésében nagyon kis szerepet játszik a vízgőz diffúziója, növekedésüket döntően a vízcseppekkel való ütközés határozza meg.

A jégszem esése a légkörben értelmezhető egy polarizált gömb alakú testnek is, mely lefelé irányuló elektromos erőtérben mozog. *Mason and Mason* (2003) kiszámította, hogy az **F** elektromos térben a részecske felületi töltésének értéke 3FcosΘ-val egyenlő, míg a felületi töltéssűrűség 3FcosΘ/4π értéknek felel meg. Ebből következik, hogy a pozitív töltéssűrűség ¾ Fr^2-el egyenlő.

A graupelek 1 liter levegőben néhány darabra tehetőek, így az egymással való ütközésük viszonylag ritka, de nem elhanyagolható. Természetesen a töltéscsere szempontjából a jégkristályokkal való ütközés a legfontosabb.

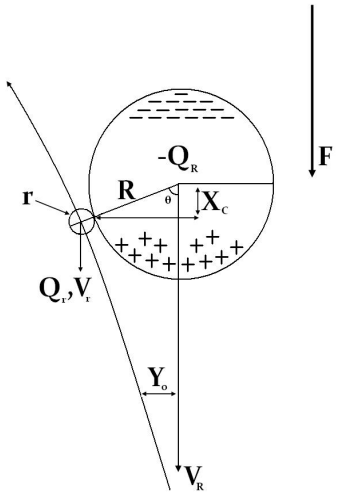
A *4. ábra* a graupel részecske polarizálódását mutatja be, melynek alapján megállapítható, hogy ha elegendő idő áll rendelkezésre, akkor a részecskék töltésszállító mechanizmusa során az egymással ütköző jégrészecskék pozitív töltéseket szállítanak, melyek kicserélődnek, így

–Q_R töltés keletkezik. A kisebb, **r** sugarú részecske töltése az alábbiak alapján számolható ki *(Mason and Mason*, 2003):

$$Q_r = \left(\frac{\Pi^2}{2} F\cos\theta + \frac{\Pi^2}{6}\frac{Q_R}{R^2}\right) r^2 \qquad (3)$$

ahol **Q_r** a szállított töltés, az **FcosΘ** a felületei töltés, a **Q_R** a kicserélődött töltés, míg az **R^2** a nagyobb részecske, addig az **r^2** a kisebb átmérője.

A pozitív töltésű részecskék egy önmagát fenntartó folyamatot indítanak be, miáltal egyre erősebb teret generálnak maguk körül. A méretbeli növekedés során a kisebb részecskék a nagyobb, egyben polarizált részecskék felületéhez tapadnak. *Mason and Mason* (2003) számítási adatai alapján egy ~ 2 mm méretű és egy ~ 10 μm méretű részecske 60°-os ütközése során a részecskék mindössze ~ 1,7 %-a szállít pozitív töltést. Az alábbiakban ezen elméletét részletesebben ismertetem, mely több ponton rávilágít a graupelek anyagi viselkedésére.



4. ábra: Graupel részecske polarizációja „szépidő” elektromos térben. (Wantuch, 2004)

A következő lépésként ki kell számítanunk, hogy a légáramban milyen pályát írnak le az ütköződő cseppek és részecskék, ahol a frakcióra felírható az ütközési keresztmetszet, mely az alábbi képlettel adható meg:

$$E = \frac{\pi Y_0^2}{\pi R^2} = \frac{Y_0^2}{R^2} \qquad (4)$$

ahol **Y_0** és **V_R** a kisebb részecske ütközési pályájának távolsága, valamint az **R** a nagyobb felhőelem átmérője.

Ha csak ezen hatások érik a részecskét, akkor a Θ szög figyelembe vételével a „lepattanó” frakció szöge az alábbiakban így adható meg:

$$\alpha = \frac{2\pi R \sin\theta 2r}{2\pi R^2 (1-\cos\theta)} \qquad (5)$$

Az egyenletet leegyszerűsítve az alábbi formulát kapjuk:

$$\alpha = \frac{2r}{R}\frac{\sin\theta}{(1-\cos\theta)} \qquad (6)$$

A képlet alapján az R = 2 mm, r = 10 μm, E = 0,74 és Θ = 60°, így α = 1,7%, mely megegyezik *Wantuch* (2004) számításaival, ahol megerősíti, hogy a **Q_r** töltést szállító részecskék mennyisége elenyésző.

Ha elegendő idő áll rendelkezése, akkor az alábbi töltéscsere folyamatok írhatók fel a fentebb említett egyenletek alapján:

$$Q_R = -3FR^2\cos\theta\left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right) \qquad (7)$$

mely tovább egyszerűsítve

$$Q_R = -\frac{3}{2}FR^2\left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right) \qquad (8)$$

ahol a **τ** a következő formulából számolható ki:

$$\tau = \left(\frac{1}{6}\pi^3 E V_R n_T \alpha r^2\right)^{1} \qquad (9)$$

melyből kiszámolva a τ ~ 150 s. *Mason and Mason* (2003) és *Wantuch* (2004) alapján a tér erősödését az **R** sugarú részecskének tulajdonítva és az **N_R** koncentrációt figyelembe véve az alábbi módon számolhatjuk ki a térerősség növekedését:

$$\frac{dF}{dt} = -4\pi \sum^{R} N_R Q_R V_R \qquad (10)$$

mely képlet tovább alakítva:

$$\frac{dF}{dt} = +6\pi \sum_0^R FR^2 N_R V_R \left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right) \qquad (11)$$

Így az egyenletünk annyira leegyszerűsödött, hogy gyakorlatilag csak a fő mechanizmusokat vesszük figyelembe, azaz az elektromos mező növekedését, a **Q_R** töltést, az erre eső sebesség térbeli koncentrációját, azaz a **V_R**-t, ill. az **N_R** egységnyi térfogatot.

A jégszemek átalagosan mért zuhanásával számolva *Wantuch* (2004) munkájában az alábbi képletet adja meg a 10^{-2} ms^{-1} alatt mért hulló jég mennyiségének meghatározására:

$$p = \sum N_R \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_i V_R \qquad (12)$$

ahol **ρ_i** a jégrészecskék sűrűsége, valamint

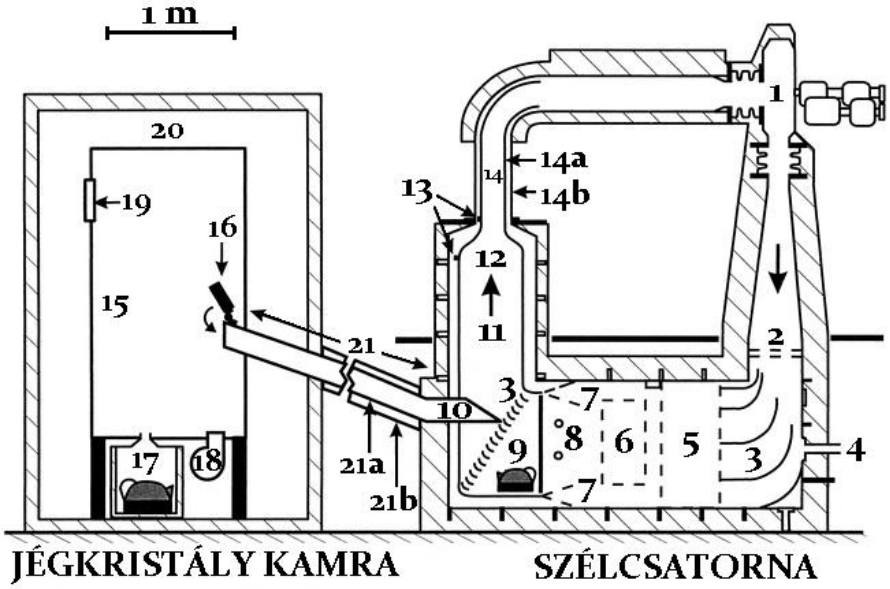
$$\frac{1}{F}\frac{dF}{dt} = \frac{4{,}5p}{R\rho_i}\left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right) \qquad (13)$$

Ha a **p** növekszik, de nem éri el a 30 mm/órát, tehát feltételezzük, hogy növekedése arányos az idővel, ill. ha τ = 600 s, valamint R = $2\cdot10^{-3}$ m, akkor $\rho_i = 0{,}3\cdot10^{-6}$ kg/m^3 értékű *(Mason and Mason*, 2003). 450 s után a kezdeti térerősség mértékéből (~ 500 V·m^{-1}) a felhő belsejében ez az érték $4{,}27\cdot10^4$ V·m^{-1} lehet. Ha az összes mechanizmust tartalmazó parametrizációra vagyunk kíváncsiak, akkor számításba kell vennünk a talajfelszín elnyelését, ill. azt a tényt, hogy a pozitív részecskék jelenléte miatt így 120 s idővel többre van szükségünk *(Wantuch*, 2004):

$$Q_S = \frac{AF}{4\pi} = \frac{\pi D^2}{4}\frac{F}{4\pi} = \frac{D^2 F}{16} = 47\ C \qquad (14)$$

ahol $D = 2 \cdot 10^3$ m cella nagysággal kell számolnunk. A fenti értékből láthatjuk, hogy a $\mathbf{Q_s}$ mértéke a térerősséggel szignifikánsan csökken, így a körzetben a töltés csak akkor állandó, ha a csapadék intenzitása konstans marad a feláramlások révén. A Cb lehet egy multicellás képződmény is, melyben a túlhűlt részecskék tovább maradnak, így biztosítva stabil térerősséget, melynek során a töltések kisüléseket eredményezhetnek.

A graupelek laboratóriumi vizsgálata. A jégrészecskék kutatási módszerei rohamosan fejlődnek. Napjainkra az irányított repülőgépeken, meteorológiai szondákon, radarberendezéseken, hűtött szélcsatornás vizsgálatokon és pásztázó elektronmikroszkópokon kívül számos egyéb módszer is létezik a graupelek vizsgálatára. A következőkben egy kutatóeszközt *(TIF = Triple Interaction Facility)* ismertetek részletesebben, melynek segítségével jobban megérthetjük a Cb-n belül generált értékek kialakulását, mivel a részecskék e módszerrel nemcsak mintaelemzésre szolgálnak, hanem előállításuk ily módon történik mesterségesen.



5. ábra: A TIF működési sémája.1: ventilátor; 2: fűtőberendezések; 3: fordító lapátok; 4: vákuum szivattyú; 5: hűtő elemajtó; 6: ajtó; 7: kettős falú szárnyak; 8: perforált falemez, 9: alagút vízforraló; 10: jégkristály befecskendező; 11: víz befecskendező; 12: kontrakciós tér; 13: nyomásmérők; 14: mérési szakasz (a: belső fal; b: külső fal); 15: jégkristály növelő kamra; 16: összekötő ajtó; 17: szigetelt vízforraló; 18: kamra ventilátor; 19: kamra ablak; 20: hűtőkamra; 21: összekötő vezeték – a: jégkristály; b: szárazjég (Berdeklist and List, 2001)

A TIF, mint azt az elnevezése is mutatja, egy hármas kölcsönhatású berendezés. Lényege, hogy lehetővé teszi a szilárd, a folyékony és a gázhalmazállapot szimulálását egy mesterséges felhőn belül. *Berdeklist and List* (2001) kísérletükben rámutattak, hogy a relatív páratartalom miként befolyásolja a jégkristályok növekedését. Eredményeik igazolták, hogy magasabb páratartalom mellett, közel a víz telítettségéhez a negatív töltések a jellemzők, míg alacsonyabb értékek mellett, a jég telítettségéhez közelítve gyengébb negatív, ill. erősebb pozitív töltéseket tudtak létrehozni. A relatív páratartalom és a kapott hőmérsékleti értékek között felállítottak egy függvényt, melynek segítségével a numerikus viharmodellek mellett egy új zivatarelektromossági elméletet dolgoztak ki.

Az *5. ábra* a TIF működését mutatja be, melynek működési elve röviden a következő *(Berdeklist and List*, 2001):

- a mérési szakaszon létrehozunk a centrifugális ventilátorral (1) egy ~ 3–7 ms^{-1} erősségű feláramlást, ami megfelel a felhőben egy 3–5 mm méretű graupel esési sebességének.
- a légsebességet figyelve a nyomásmérőkön (13) a mérési szakasz nyomását 12-szeresére emeljük a kontrakciós térben (12).
- a hűtő elemajtó (5) és a fűtőberendezések (2) működésbe lépnek, a kettősfalú szárnyak (7) és a perforált falemez (8) csökkentik a mérési részen a sebességet. Így nagyobb sebességet és hűtést érünk el a mérési szakasz (14) külső és belső falán, közben a hőmérsékleteket állandó értéken tartjuk.
- a vízbefecskendezőből (11) 2 méterrel már a cseppméret is módosul, zúzmarásodik, melynek oka a fúvóka légsebesség módosító hatásával magyarázható. A kísérlethez desztillált, ionmentes vizet kell használnunk, a cseppeknek elegendő időt kell hagyni, hogy a környezeti hőmérsékleti ponttal azonos hőmérsékletűek legyenek, amit úgy érhetünk el, hogy a mérési szakasz hőmérsékletét <8 °C határig terjeszthetjük ki *(Cober*, 1991).
- az alagút relatív páratartalmát és a hőmérsékletét befolyásolhatjuk, az első tekintetében a folyamatos emelés melletti kvázi egyensúly a cél, míg utóbbinál a -15 °C ± 0,1 °C hőmérséklet stabilizálása. Ennek eléréséhez elengedhetetlen az alagútban lévő vízforraló (9) szabályozása.
- az összekötő vezeték (21) két részből áll, egy belső 10 cm (21a) és egy külső (21b) 15 cm átmérőjű csőből, melyeknek az a funkciója, hogy összekötik a kamrát a szélcsatornával. Hőmérsékletük a bennük található anyagtól eltérő.
- a fordító lapátok (3) és az ajtó (6) az anyagterelésben játszanak fontos szerepet. A gőz előállítására a jégkristály kamrában lévő forralót (17) használhatjuk, közben a kamra ventilátor (18) homogén hőmérsékletet biztosít, egy folyékony nitrogénnel töltött rúddal pedig jégkristályok állíthatóak elő.
- a vákuumszivattyú (4) folyamatosan szívja a jégkristályokat az alagútba, ahol 10–15 s után megfigyelhetőek azok a kamrában. Az áramlást kevesebb, mint 6 percig lehet fenntartani, így a kísérletek átlagos hossza 2–4 perc közé esik.
- a jégkristály kamra relatív páratartalma a beállításoknak megfelelően lehet alacsony, közepes vagy magas, attól függően, hogy a kristályképződés miként megy végbe.
- a TIF működése során *Berdeklist and List* (2001) fotografikus rendszert használt (több kamera különböző objek-

tívvel, laboratóriumi szondák, optikai érzékelők), melyek segítségével lehetett vizsgálni a kísérletek eredményét.

- A TIF segítségével a kutatók szimulálták egy átlagos felhőn belüli graupel és jégrészecskék ütközését, melynek során több fontos következtetésre jutottak a zivatarelektromosság kapcsán.
- magas páratartalomnál a negatív töltéseknek -13 és -18 °C között a legintenzívebb a keletkezése, valamint a töltések erősen sebességfüggők. Ugyanis az 5 $m \cdot s^{-1}$ érték előtt a ~ 5 mm méretű graupelek nem generálnak elektromos erőteret a Cb-n belül (átlagosan -16 °C a hőmérséklet a *cumulonimbus*ok negatív töltésközpontjában).
- a hőmérséklet előjelváltása során emelkedett az effektív folyékony víztartalom, mely azt eredményezte, hogy még inkább emelkedett a jégkristály kamra páratartalma. Tehát a hőmérséklet visszafordítása egyedi funkciója a tényleges folyékony víztartalomnak, mint azt korábban feltételeztük.
- az eredmények felhasználhatók numerikus előrejelzések során, melyek terepi mérésekkel alátámaszthatók. A kísérlet magyarázatot ad a korai villámlásokra, ill. a feláramlások okozta pozitív töltésű „zsebekre" a Cb-n belül.

Összegzés. E munkámban igyekeztem a graupelek fizikai tulajdonságait bemutatni oly módon, hogy a témában újabb és kevésbé ismert kutatási eredményeket és elméleteket vettem alapul. *Mason and Mason* (2003) munkája rámutatott arra, hogy egy alapvetőnek gondolt folyamatot is lehet új szemszögből vizsgálni, ill. kísérletekkel modellezni a természetben lejátszódó folyamatokat. Véleményem szerint a kutatási eredményeik nélkülözhetetlenek a korszerű zivatarelektromosság tárgyalásában. Törekedtem egy kevésbé ismert, de igen találékony kutatási eszköz bemutatására, mely alkalmas a graupelek vizsgálatára. *Berdeklist and List* (2001) technológiájának továbbfejlesztése elengedhetetlen, ill. több kérdésben még nem nyújt pontos válaszokat számunkra. Így a jövőben a kutatási iránynak feltétlenül a dióda lézerek és más modern érzékelő berendezések felé kell irányulnia, melyek a TIF működését tökéletesítik majd. A kutatóknak megoldást kell találniuk arra, hogy a monitoring során a hőmérséklet-különbségeket hogyan tudják jobb hatásfokkal szabályozni, ami lehetővé tenné a hosszabb időtartamú kísérletek végrehajtását.

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni *prof. dr. Makra László*nak az útmutatásáért, hiszen sok éve ezen területre ő irányította a figyelmemet, valamint *prof. dr. Geresdi István*nak, a kézirat gondos lektorálásáért és a szakirodalomban nyújtott önzetlen segítségéért. A felhasznált képanyag *Goda Zoltán* kiváló munkásságát dicséri.

Irodalom

Aujeszky, L., 1957: Általános geofizika III. A légkör fizikája. *Akadémiai Kiadó*, Budapest.

Bencze, P., Major, Gy. és Mészáros, E., 1982: Fizikai meteorológia. *Akadémiai Kiadó*, Budapest.

Berdeklis, P., and List, R., 2001: The Ice Crystal-Graupel Collision Charging Mechanism of Thunderstorm Electrification. *Journal of the Atmospheric Sciences* 58, 2751–2770.

Cober, S. G., 1991: An Experimental Investigation of the Heat and Mass Transfer of Graupel. PhD Thesis, *University of Toronto*, Toronto.

Czelnai, R. és Szepesi, Dné., 1986: Meteorológia. Műszaki Értelmező Szótár 56. *Akadémia Kiadó,* Budapest, pp. 595

*Drake, J. C.,*1968: Electrification Accompanying the Melting of Ice Particles. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 94, 176–191.

Geresdi, I., 2004: Felhőfizika. *Dialóg Campus Kiadó*, Budapest–Pécs.

Harrison, R. G., 2001: Atmospheric Electricity and Cloud Microphysics. *European Physical Society Workshop on Ion-Aerosol-Cloud Interactions*, CERN, Genf, 75–86.

Horváth, T., 1980: Épületek villámvédelme. *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest.

Kolláth, K. Simon, A., Pátkai, Zs., Fejes, E., Horváth, Á., Kiss, M., Németh, M., Fehér, B. és Szabó, D. és Puskás, M. (szerk.), 2017: Felhőatlasz. A felhőkről mindenkinek. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, pp. 312

Kordás, N. és Ács, F., 2017: A jégrészecskék szerepe a neminduktív töltésszétválasztási folyamatokban. *Légkör* 62, 82–86.

Kubicek, A. C., 2013: Flow Fields Around Falling Conical Graupel and the Efficiencies with which these Graupel Collide with Cloud Droplets. Thesis. *Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin-Madison*, Madison, USA.

Lányi, P., 1990: Vigyázat! Frontbetörés. *Medicina*, Budapest.

Mason, J. and Mason, N., 2003: The Physics of a Thunderstrom. *European Journal of Physics* 24, 99–110.

Miller, K., Gadian, A., Saunders, C., Latham, J. and Christian, H., 2001: Modelling and Observations of Thundercloud Electrification and Lightning. *Atmospheric Research* 58, 89–115.

Oliver, J.E., and Fairbridge, R.W., (eds.) 1987: The Encyclopedia of Climatology XI. *Van Nostrand Reinhold*, New York.

Péczely, Gy., 2002: Éghajlattan. *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest.

Pierce, E.T. and Whitson, A.L., 1965: Atmospheric Electricity and the Waterfalls of Yosemite Valley. *Journal of the Atmospheric Sciences* 22, 314–319.

Pruppacher, H. and Klett, J., 1978: Microphysics of Clouds and Precipitation. *D. Reidel*, London

Rango, A., Fostre, J., Josberger, E. G., Erbe, E.F., Pooley, C. and Wergin, W. P., 2003: Rime and Graupel: Description and Characterization as Revealed by Low-Temperature Scanning Electron Microscopy. *SCANNING* 25, 121–131.

Rákóczi, F., 1998: Életünk a légkörben. *MUNDUS Kiadó*, Budapest.

Robinson, G. D., 1941: The Distribution of Electricity in Thunderclouds. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 67, 332–340.

Saunders, C., 2008: Charge Separation Mechanism in Clouds. *Space Science Reviews* 137, 335–353.

Wang, P. K., 1982: Mathematical Description of the Shape of Conical Hydrometeors. *Journal of the Atmospheric Sciences* 39, 2615–2622.

Wantuch, F., 2004: A Kárpát-medence villámainak meteorológiai vizsgálata objektív mérések alapján. Doktori (PhD) értekezés. *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Meteorológiai Tanszék, Budapest.

Workman, E. J., and Reynolds, R. E., 1948: A Suggested Mechanism for the Generation of Thunderstorm Electricity. *Physical Review* 74, 709.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG 37. VÁNDORGYŰLÉSÉT VESZPRÉMBEN TARTOTTÁK

THE 37TH BIANNUAL ITINERARY CONFERENCE OF HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY WAS HELD IN VESZPRÉM

Sáhó Ágnes

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., *saho.a@met.hu*

A Meteorológiai Társaság 37. Vándorgyűlését 2018. augusztus 23–24-én, Veszprémben tartotta. Az idei év témaválasztása átfogó és több rétegű volt: *Időjárás és Éghajlat, Globális Változások – Lokális Veszélyek; A Repülésmeteorológia aktuális kérdései; Az Éghajlatkutatás lokálpatriótái*. A hely kiválasztásában közrejátszott, hogy több, mint félévszázada volt itt a Vándorgyűlés, s az is, hogy az Egyetem rektora, *Gelencsér András*, levegőkémikusként szívesen biztosított helyet a rendezvény lebonyolítására, amit ez úton is nagyon köszönünk. A szakmai előadásokat az Egyetem főépületének második emeletén található nagy előadó teremben tartottuk. Folytattuk a Patakon megkezdett gyakorlatot, ti. ezúttal sem volt regisztrációs díj. A Vándorgyűlésre 73-an regisztráltak. A szakmai program előtt meleg szavakkal és az éghajlatváltozás kérdése iránti őszinte érdeklődéssel köszöntötte a megjelenteket *László Tibor Zoltán* helyettes államtitkár, az OMSZ-ot felügyelő minisztérium, *Brányi Mária* alpolgármester Veszprém város és *Gelencsér András* rektor a vendéglátó egyetem képviseletében. Az első plenáris ülésen (elnök: *Dunkel Zoltán)* elhangzó előadások sorát *Szöllősi-Nagy András* meghívott előadó kezdte meg „Mi történik a hidrológiai ciklussal? – avagy zenélhet(ne)-e két dudás egy csárdában? című előadásával, amelyben az éghajlatváltozás egész Földet érintő, a hidrológiai folyamatokra gyakorolt hatásának nagyívű elemzése után a meteorológiai és a hidrológiai kiszolgálás összekapcsolásáról, kapcsolhatóságáról is beszélt. *Gelencsér András,* a Vándorgyűlés egyik házigazdája az Egyetemen folyó levegőkémiai kutatásokról szólt „25 év a légköri aeroszol kutatásban" című előadásában. *Szücs József* ezredes, a Vándorgyűlés másik házigazdája „Mi zajlik a gomolygó felhők felett, avagy a katonai légtér ellenőrzés rendszere Magyarországon" címmel számolt be a katonai repülés és a meteorológia kapcsolatáról. *Radics Kornélia* előadásában „Merre van az arra? - azaz a nemzeti meteorológiai szolgálatok legújabb kihívásai" néhány megdöbbentő adatot mutatott be a magyar Szolgálat finanszírozásáról. *Mészáros Róbert* „Kutatás és oktatás az ELTE Meteorológiai Tanszéken" címmel a folyó magyar meteorológusképzésbe nyújtott betekintést. A plenáris ülések második sorozatát *Radics Kornélia* elnöklete alatt *Horváth Ákos* „Szélsőséges időjárási helyzetek és hatásuk a hazai infrastruktúrára" címmel beszélt a viharjelzés problémáiról, míg *Tél Tamás* „A klímaváltozás sokaságelőrejelzéséről: a párhuzamos földi klímák elméletéről" filozofikus megközelítésben beszélt. Anda Angéla egy praktikusabb kérdést vizsgált „Természetes vízfelszín párolgásának becslése méréssel" című előadásában. Befejezésül *Dunkel Zoltán* a magán-meteorológia újabb kihívásait feszegette „A globális időjárási vállalkozás" címmel. A *Klimatológia* szekció levezető elnöke *Puskás János*, összefoglalója *Péliné Németh Csilla* volt. *Izsák Beatrix* „Homogenizálás évenkénti frissítése" előadását népes szerzőgárda *(Szentimrey Tamás, Kircsi Andrea, Hoffmann Lilla, Lakatos Mónika)* készítette el. *Hoffmann Lilla* „Különböző interpolációs módszerek összehasonlítása Magyarországra vonatkozóan" témában adott elő, szerzőtársai: *Lakatos Mónika* és *Izsák Beatrix* voltak. Az idei évben jelent meg az új Magyar Nemzeti Atlasz. *Bihari Zita* az atlasz éghajlat fejezetének elkészítéséről tartott előadást. *Lakatos Mónika* arról szólt, hogy „A CARPATCLIM adatbázis bővítése új paraméterekkel" miként zajlott. Társzerzők voltak: *Hoffmann Lilla, Weidinger Tamás, Izsák Beatrix, Bihari Zita* és *Szentimrey Tamás*. A következő szóló egy klímamodellező volt, *Szabó Péter* „Bizonytalanságok, avagy a klímamodellek fejlődése a Kárpát-medencében" című művével. *Fricke Cathy* (szerzőtársai: *Unger János* és *Pongrácz Rita)* „Különböző éghajlatú városok termikus különbségei az LCZ osztályozás koncepciójának felhasználásával műholdas adatok alapján" címmel számolt be kutatásairól. *Mika János* (társszerzők: *Csabai Edina, Rázsi András* és *Szegedi Sándor)* Városklíma és völgyklíma hatások szétválasztását mutatta be Eger példáján. *Mikes Márk Zoltán* pedig a „ A Nyírség és a Felső-Tisza vidék éghajlati elemzéséről beszélt. Az első nap befejező szekciója Tudománytörténet (elnök: *Kovács László,* összefoglalás: *Bíróné Kircsi Andrea)* volt. Cholnoky Jenő emlékének nagy ápolója, *Rybár Olivér*: „A kékszeműek látják a vihart" - Cholnoky Jenő időjárással kapcsolatos megfigyelései" címmel szólt nagynevű volt elnökünk meteorológiával kapcsolatos kutatásairól. *Puskás János* Az időjárás, ahogy Hegyfoky

A Vándorgyűlés résztvevői a Veszprémi Egyetem főépülete előtt, 2018. augusztus 23-án

Kabos "látta" című előadásában idézte meg a múlt század legendás hírű klimatológusának emlékét. *Rácz Lajos* meghívott előadónk személyében egy hivatásos történész foglalkozott a „Terméskatasztrófák a tradicionális kori Magyarországon a kis jégkorszak idején” témakörrel. *Rusz Ottilia* előadásában „Műszeres meteorológiai megfigyelések Erdélyben a 19. századtól napjainkig” a határokon túlra kalauzolta a hallgatóságot. *A szekció* utolsó előadásában *Károssy Csaba*: „Péczely György A Föld éghajlata” című művének angol fordításáról számolt be. Az első nap a hagyományos közös vacsorával zárult a Malomkert étteremben, amin mintegy ötvenen vettek részt. A pezsgős pohárköszöntő – ami a meteorológusok egészségéért és további baráti együttműködéséért hangzott el – után került sor a háromfogásos vacsora felszolgálására, amit a vendégek háromféle menüből választhattak az előre megküldött kérdőív alapján. A vendégeket 7–8 fős asztalokhoz ültették, amik kitöltötték a termet, s így az együttlét igazán kellemesnek bizonyult. A Vándorgyűlés a második napon *Bihari Zita* elnökletével (*összefoglalás: Németh Ákos)* az Agroklimatológia, Agrometeorológia szekcióval folytatódott. *Bíróné Kircsi Andrea* „Az aszály jellemzői Magyarországon 1952–2018 között” címmel tartott előadást. *Varga Zoltán* a Mosonmagyaróvári hosszú agrometeorológiai kísérletsorozat tapasztalatairól számolt be. *Weidinger Tamás* „Mikrometeorológiai mérések szőlőállományokban” című előadását igencsak népes társszerzői csapat segítségével készítette el: *Zeljko Vecenaj, Dezső József, Horváth László, Papp Géza, Branko Grisogono, Damir Pticar* és *Tordai Ágoston*. Hasonló témában tartott előadást *Papp Géza* „Mikrometeorológiai mérések a Beregszász környéki szőlőültetvényekben” címmel. A második nap második szekcióját az Alkalmazott Meteorológiának szentelték *Weidinger Tamás* elnökletével. A szekció összefoglalására *Lakatos Mónika* vállalkozott. *Kovács László* az „Új kihívások a katonai feladatok repülésmeteorológiai támogatásában” problémakörről beszélt. *Salavec Péter* előadása „Fejlesztések a hullám-előrejelzés terén az Országos Meteorológiai Szolgálatnál” címmel hangzott el. *Teknős László* „A rendkívüli időjárási veszélyeztetettség katasztrófavédelmi szempontú elemzéséről és kiértékeléséről” tájékoztatta a hallgatóságot. *Kristóf Erzsébet* (szerzőtársak: *Bartholy Judit* és *Pongrácz Rita)* előadásának címe a „Légköri oszcillációs jelenségek Kárpát-medencére gyakorolt hatásának statisztikai vizsgálata általános cirkulációs modellek szimulációi alapján” volt. *Péliné Németh Csilla* (szerzőtársak: *Pongrácz Rita, Pieczka Ildikó* és *Kalmár Tímea)* előadása, „A regionális klímamodell szimulációk elemzése a levegőminőség meteorológiai feltételeinek vizsgálatára” összekapcsolta a klímamodelleket gyakorlati alkalmazásokkal. A szekció és a tudományos program *Molnár Beáta* „A meteorológia a fizika oktatásában Szlovákiában és Magyarországon” előadásával zárult (társszerzői: *Tasnádi Péter, Sallai Márta* és *Weidinger Tamás)*. Az előadások mellett 10 poszter is kiállításra került: *Teknős László*: Az önkéntes mentőszervezetek beavatkozási tapasztalatai szélsőséges időjárási helyzetekben; *Kersák József*, *Teknős László*: A 2017. július 10-én, Siófokon bekövetkezett vihar katasztrófavédelmi szempontú elemzése, értékelése; *Kolláth Kornél, Szini Hajnalka, Tóth Zoltán*: Füstréteg a sztratoszférában Brit Kolumbiából; *Kolláth Kornél*: Meteorológiai megfigyelés és fényszennyezés monitoring égboltkamerák segítségével – Mit lát a siófoki kamera Veszprém fényszennyezéséből?; *Kolláth Kornél, Kai Pong Tong, Kolláth Zoltán*: A fényszennyezés jelenlegi trendje Magyarországon a Suomi NPP műhold mérései alapján; *Breuer Hajnalka, Berényi Alexandra, Tordai Ágoston, Weidinger Tamás, Nagy Balázs*: A Magas Andok időjárása a magyar ATACAMA-2016 expedíció mérései és modellszámítások alapján; *Iván Márk, Soósné Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit, Pongrácz Rita*: A blocking jelenség szinoptikus klimatológiai vizsgálata az atlanti-európai régióban; *Dian Csenge, Pongrácz Rita, Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit*: Budapesti hősziget-intenzitás vizsgálatok műholdas és helyszíni mérések alapján; *Németh Ákos, Szabó Máté*: Időjárási preferenciák a turizmusban; *Lakatos Mónika, Hoffmann Lilla, Bihari Zita, Izsák Beatrix, Kircsi Andrea*: Hogyan változott Magyarország éghajlata Péczely osztályozása alapján? Ez utóbbi egy interaktív poszter volt, ahol a szerzők egy kis feladatmegoldásra biztatták a nézőket színezés segítségével. Ezek után nem meglepő, hogy a poszter-versenynek ez a poszter lett a nyertese. A konferencia bezárása és az egyszerű szendvics menü elfogyasztása után az érdeklődők látogatást tehettek a Veszprémi Egyetem, a NANOLAB Elektronmikroszkópos laboratóriumában, ahol *Pósfai Mihály* akadémikus mutatta be a nemrég átadott két elektronmikroszkópot**.** A bemutató után a résztvevők először elsétáltak Cholnoky Jenő szülőházához (Kossuth utca 7.), ahol koszorút helyeztek el a Társaság néhai elnökének emléktáblája alatt, majd felsétáltak a Várba. Itt megismerkedhettek a Veszprémi Akadémiai Bizottság Székházával, ahol borkóstoló fogadta az oda érkezőket. Augusztus 25-én, szombaton a buszos kirándulás résztvevői megkoszorúzták Cholnoky Jenő szobrát, majd meglátogatták a Pápai Katonai repülőteret, ahol először egy előadás keretében bemutatatták a repülőtér történetét, a NATO légibázis mostani feladatkörét. A repülőtéren tett séta során a résztvevők megtekintették az automata meteorológiai állomásokat, illetve belátogathattak az irányító központba.

Gelencsér András előadása a plenáris ülésen

Hoffmann Lilla az interpolációs módszerekről beszél

Németh Ákos és „A legjobb poszter” szerzői Bíróné Kircsi Andrea, Lakatos Mónika, Konkolyné Bihari Zita, Izsák Beatrix és Hoffmann Lilla

A Veszprémi Akadémiai Bizottság székházát meglátogatók és a borkóstolásban résztvevők csoportja

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG EGYKORI ELNÖKE, CHOLNOKY JENŐ (1870–1950) EMLÉKÉNEK ÁPOLÁSA, EMLÉKKŐ ÉS EMLÉKTÁBLA AVATÁS, KOSZORÚZÁS SZÜLŐVÁROSÁBAN, VESZPRÉMBEN

MEMORY CARE OF JENŐ CHOLNOKY (1870–1950) FORMER PRESIDENT OF HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY IN HIS HOMETOWN, VESZPRÉM: INAUGURATION OF MEMORIAL STONE AND PLAQUE, WREATH LAYING

Rybár Olivér

Veszprémi Báthory István Sportiskolai Általános Iskola, H-8200, Veszprém, Vécsey Károly utca 6/D, *rybar.oliver@gmail.com*

Cholnoky Jenő a földrajztudomány egyik legkiválóbb alakja. Nevét viseli iskola, városrész, számos egyesület, de mégis sokak számára kevésbé ismert a tudós életműve. Cholnoky jelentőset alkotott a geomorfológia (felszínalaktan), hidrográfia (víztan) és meteorológia terén. Eredményesen foglalkozott emberföldrajzzal, az öntözések jelentőségével az emberi kultúra fejlődése szempontjából. Jelentősek morfológiai eredményei, a folyók szakaszjellegéről, a futóhomok mozgástörvényeiről, az európai monszunjelenségről szóló tanulmányai. Nevéhez köthető az Alpok példája alapján felismert bakonyi főnszél leírása is, mely nap, mint nap megkeseríti a veszprémi lakosok életét. Több évtizedes munkásságával az egyik legnagyobb földrajztudósunkként, s természettudományos ismeretterjesztőként tartjuk számon. A századforduló után a rokoni szálakon kívül elsősorban a szellemi kötődés, a tudományos kutatásai, társadalmi megbízatásai kapcsolták szülővárosához, Veszprémhez. Első könyve, melyet a kínai útjáról írt „A Sárkányok országából" címmel is itt, szülőföldjén jelent meg. Számos alkalommal vezetett túrákat a városba és környékére. Nemcsak egyetemi hallgatóit, és kollegáit, hanem külföldi kutatóintézetek munkatársait, külföldi hallgatókat és földrajztanárokat hozott a városba. A szintén veszprémi földrajzos Laczkó Dezsőt is segítette anyagilag kutatásaiban, illetve a vármegyei múzeum létrejöttében. Több alkalommal Laczkó Dezső intézte Cholnoky csoportjainak szállásigénylését is. Ezen kívül fontos kiemelni, hogy 1938-ban, pont a Kéktúra elindítása évében, könyve is jelent meg Veszprémről. Számos tanulmányában nyúlt vissza a veszprémi Séd-völgyben szerzett tapasztalataihoz is.

Rybár Olivér és Cholnoky Tamás a felavatott emlékkő előtt

Cholnoky Jenőnek a MMT egykori elnökének (1939–1944) és sok más egyesület, társaság vezetőjének, tagjának, emlékét évek óta ápolják szülővárosában, különböző *emlékjelek* létrehozásával is. Mint arról már korábban beszámoltunk *(Rybár, 2014)* a tudós emlékének tisztelegve számos esemény zajlott a városban. 2015-ben ünnepeltük Cholnoky születésének 145. évfordulóját, melynek keretében városi ünnepséget rendeztek a tudós veszprémi szülőházánál.

Ennek folytatásaként 2016. október 14-én került sor Cholnoky Jenő (1870–1950) földrajztudós emlékkövének és emléktáblájának ünnepélyes felavatására a Veszprém melletti Csatár-hegyen. Cholnokynak, mint a Magyar Turista Egyesület (MTE) elnökének emelt bazalt emlékkő és gránit emléktábla a 20 éves Édesvíz Természetbarát Egyesület kezdeményezésére a Veszprém Megyei Jogú Város támogatásával jött létre. A bazalt kövön szerepel a „Cholnoky Jenő 1870–1950" felírás az emléktábla felirata pedig: „A Magyar Turista Egyesület elnöke (1920–1946)". 2016-ban két évforduló is volt köthető az avatáshoz, hiszen 70 éve oszlatták fel a Magyar Turista Egyesületet, melynek utolsó elnöke Cholnoky Jenő volt. A másik fontos esemény 90 évvel ezelőtt történt, amikor 1926-ban megalakult a MTE Bakonyi Osztálya, illetve az év nyarán az Országos Turista Egylet Nagygyűlését itt Veszprémben tartották, Cholnoky, Jász Géza és számos vidéki egyesület szervezésében.

Cholnoky Jenő élete és a turistáskodás is szervesen összefüggött. Cholnoky Jenő a Magyar Turista Egyesületnek előbb vidéki választmányi tagja (1908–1917 között), majd 1920-tól elnöke volt egészen 1946-ig. Emellett a Magyar Turista Szövetség társelnökeként dolgozott 1918–1923 és 1940–1941 között. A földrajztudós az 1920-as évek végén, egy Magyarországot átszelő 1000 kilométeres turista főútvonalat álmodott meg, elképzelése meg is valósult 1938-ban, amikor a mai Országos Kéktúra elődjének útvonala kiépült. Ezen kívül a Bakonyi osztály megalakulásában is szerepet vállalt. A tudós nemcsak formális elnöki tisztséget töltött be a Turista Egyesület élén, hanem részt vett az egyesület által szervezett túrákon, emlékművek, kilátók és menedékházak átadásán is. Felszólalt a különböző gyűléseken és üléseken, rendszeresen jelentek meg írásai a Turisták Lapjában és a Turistaság és Alpinizmus c. folyóiratban is. Több mint 45 tanulmányt írt különböző turista-folyóiratokban.

Népszerű és kedvelt elnöke volt a társaságnak, születésnapja alkalmából több alkalommal tartottak díszvacsorát tiszteltére, 60. születésnapjára egyedi készítésű díszalbummal ajándékozta meg őt a vidéki osztályok nevében a vezetőség.

„Az igazi tudósok lényegileg nem különböznek az igazi turistáktól. Mindegyiknek gyönyörűséget okoz a saját mestersége. Az egyik tudományos célokat, a másik turistacélokat tűz maga elé. Mindegyik határtalanul, de nemes irányban kíváncsi (…) Az egyik az igazat, a másik a szépet keresi a természetben. S hol lehet éles határt vonni a kettő között? Az igazi tudós és az igazi turista szerény. Gyönyörűségét nem a dicsekvésben, hanem munkájában találja. Rendkívül örül, ha olyan célt ért el, amely nem mindennapi. (…) És, hogy mi vonzott engem már ifjúságom óta a turistaeszméhez? Hát hiszen a turistaság a legszorosabb kapcsolatban áll a földrajzzal. A földrajztudós nem lehet meg anélkül, hogy gyakorlott turista is ne legyen, a turista meg nem lehet meg anélkül, hogy a földrajzból ne szerezzen kellő ismereteket: olvasni kell tudnia a térképeket, ismernie kell a térszíni formák bizonyos kérdéseit, sőt még a meteorológia tüneményeivel is behatóbban kell foglalkoznia, hiszen nincs kirándulás, amelyen az időjárás nem volna döntő jelentőségű tényező.” – vallotta Cholnoky *(Peitler*, 1930).

Az MMT koszorúja Cholnoky Jenő szülőházán

A koszorúzók Cholnoky szobra előtt, 2018. augusztus 27-én

A rendszerváltás idején újra előtérbe került a tudós neve és érdemei. Ennek példája, hogy a Turista Egyesület már szervezett koszorúzásokat a tudós sírjához. Ezen kívül a Magyar Természetbarát Szövetség állíttatott neki emlékkövet 1988-ban Zircen az Országos Kéktúra megnyitásának 50 éves jubileuma alkalmából, illetve Dobogókőn látható emlékköve a tudósnak. A veszprémi Építők Természetbarát Sportegyesület létrehozta a Cholnoky Jenő emléktúrákat 8 útvonalon 116 km hosszan, melynek 1. számú útvonala érinti az új csatár-hegyi (leégése előtt, 1977–2003 között Cholnoky) kilátót is. Az avatóünnepségen köszönőt mondott Némedi Lajos alpolgármester, aki kiemelte, hogy Cholnoky ezer szállal kötődött Veszprémhez, emlékét a város is igyekszik méltón őrizni. Nevét városrész, iskola, utca őrzi, és mostantól a Csatár-hegyen emlékkő is. Halmay György, a körzet önkormányzati képviselője szerint a legjobb emlékezés, ha Cholnoky munkásságát beépítjük a hétköznapjainkba: vigyázunk a környezetünkre, tiszteljük a természetet, azt nem legyőzni akarjuk, hanem harmóniában élni vele. Pál Lajos, a Veszprémi Erdőgazdaság Zrt. gazdasági vezérigazgató-helyettese az erdészet közjóléti feladatairól beszélve kifejtette, hogy a társaság az elmúlt években a társadalmi igényeknek megfelelve kilátókat épített, turistaházakat és erdei útvonalakat újított fel annak érdekében, hogy az emberek szívesen töltsék szabadidejüket a szabadban. Cholnoky Jenő a Magyar Turista Egyesület elnökségében több mint 25 évig betöltött jelentős, veszprémi vonatkozású tevékenységét méltatta a Veszprém megyei Természetbarát Szövetség és a Bakony Természetbarát Egyesület nevében Jákói Bernadett helytörténeti kutató. A tudós pályaképét, életművét pedig a szerző mutatta be. Az ünnepségen részt vett a tudós unokája, Cholnoky Tamás is. A megható megemlékezésen Veszprém Megyei Jogú Város Önkormányzata, a Veszprém Megyei Természetbarát Szövetség, a Bakony Természetbarát Egyesület, az Építők Természetbarát Sportegyesület képviselete, valamint a város hét általános iskolájából érkezett delegáció helyezte el az emlékezés koszorúit, virágait. „Tudományos érdemei azok, melyek alapján tudományos társaságok, testületek vezetője lett, de ezeken felül természetszeretete, hazaszeretete és emberszeretete avatta a turisták vezérévé!” – írta róla Dr. Peitler Gyula a Turisták Lapja szerkesztője.

A Magyar Meteorológiai Társaság XXXVII. Vándorgyűlését 2018-ban Veszprémben tartotta. A Társaság nem feledkezett meg nagynevű egykori elnökéről. A Vándorgyűlés előadói közé felkérték jelen cikk szerzőjét, hogy tartson előadást, s ő *„A kékszeműek látják a vihart” – Cholnoky Jenő időjárással kapcsolatos megfigyelései* című előadásában a neves földrajztudós meteorológiai tevékenységéről tartott összefoglalást. A Társaság az első nap délutánján (augusztus 25.), az előadások után testületileg koszorúzta meg egykori elnökének Kossuth Lajos utca 7. számú házon lévő emléktábláját (R. Kiss Lenke alkotása, 1976). A Vándorgyűlést követően, augusztus 27-én buszos kirándulásra került sor, amelynek első programpontja Cholnoky Jenőnek a Cholnoky Jenő utca 21., a róla elnevezett iskola előtt álló, 2014-ben felavatott szobrán (Balás Eszter alkotása) a megemlékezés virágainak elhelyezése volt.

Irodalom

Peitler, Gy., 1930: Dr. Cholnoky Jenőről – Turisták Lapja 42, 233–235.

Rybár, O., 2014: A Magyar Meteorológiai Társaság egykori elnökének, Cholnoky Jenőnek (1870–1950) szobrát avatták fel Veszprémben. *Légkör* 59, 65.

EMS 2018: AZ EURÓPAI METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG ÜLÉSE BUDAPESTEN

EMS 2018: THE EMS ANNUAL MEETING 2018 WAS HELD IN BUDAPEST

Lakatos Mónika

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca1., *lakatos.m@met.hu*

Összefoglalás. Az Európai Meteorológiai Társaság Budapesten tartott közgyűléséről számolunk be írásunkban.

Abstract. Our paper gives a short report about the Annual Meeting of EMS was held in Budapest.

Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) 2018. szeptember 3–7. között Budapesten tartotta éves ülését. Az EMS fórumának elsődleges feladata, hogy elősegítse az időjárással és az éghajlattal foglalkozó európai szervezetek operatív és stratégiai céljainak megvalósítását. Ez a rendezvény a legnagyobb volumenű meteorológiai témájú szakmai konferencia Európában. A szervezést hagyományosan a *Copernicus Meetings* végzi közösen az Európai Meteorológiai Társasággal. A helyi szervezők a Magyar Meteorológiai Társaság és az OMSZ voltak az idén.

Lánczi András a BCE rektora, Petteri Taalas WMO főtitkár és Áder János köztársasági elnök megérkeznek a megnyitóra (MTI Fotó: Máthé Zoltán)

Áder János köztársasági elnök megnyitó beszédét mondja (MTI Fotó: Máthé Zoltán)

Petteri Taalas WMO főtitkár köszönti a konferenciát

Radics Kornélia, a Meteorológiai Szolgálat elnöke a megnyitón

Az egyhetes rendezvénynek a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) Ybl Miklós tervei alapján épült Fővám téri épülete adott otthont. Az impozáns épület az elhelyezkedése miatt is ideális választás volt egy nagyszabású nemzetközi konferencia lebonyolításához. Németh Ákos MMT főtitkár kezdeményezésére sikerült megnyerni az ügynek *Áder Jánost*, Magyarország köztársasági elnökét, aki vállalta, hogy beszédet mond a nyitóünnepségen. A kötelező biztonsági intézkedések miatt többször átvizsgálták a helyszínt, ami szokatlan egy szakmai konferencia esetén. *Áder János* köszöntője folytán több hírportál és TV csatorma is a vezető hírek között tudósított a konferenciáról. A megnyitó ünnepségen beszédet mondott még *Bob Riddaway,* az EMS elnöke, *Petteri Taalas*, a Meteorológiai Világszervezet (WMO) főtitkára, *Radics Kornélia,* az Országos Meteorológiai Szolgálat és *Dunkel Zoltán,* a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke. A megnyitó ünnepségen meghívott előadóként *Ürge-Vorsatz Diana* és *Julia Slingo* tartott előadást. A nyitó szekció keretében került sor az EMS díjak, Silver Medal (2018: *Tillmann Mohr*), Média díj, Young Scientist Award, Young Scientist Travel Award, Tromp Foundation Award és Harry Otten Prize átadására.

A konferencia témáját a helyi szervezők és a PSC *(Programme and Science Committee)* közösen jelölik ki. Ebben az évben *„Időjárás és éghajlat: globális változások és lokális kockázatok”* volt a szlogen. A téma kellően tág, hogy a meteorológia különböző területeit művelőket megszólítsa, ezen kívül nagyon aktuális, mivel a változó éghajlat és a

gyakoribbá váló időjárási és éghajlati szélsőségek jelentős hatást gyakorolnak a természeti környezetre, az emberekre és az infrastruktúrára is. A XXI. században az éghajlatváltozás rövid- és hosszú távú előrejelzése kiemelt fontosságú az élet- és vagyonvédelem szempontjából. Ugyanakkor a természeti kockázatok, veszélyek csökkentését támogató nemzeti stratégiák kialakításához is elengedhetetlenek a megbízható meteorológiai előrejelzések és figyelmeztetések, valamint az éghajlati monitoring, és a valószínűsíthető éghajlati változások ismerete. Mindezen kihívások egyre nagyobb felelősséget rónak a szakemberekre és a meteorológiai szervezetekre is. A rendezvény kiváló alkalmat teremtett a konferencia témájában született legújabb tudományos eredmények bemutatására és megvitatására.

Bob Riddaway az EMS 7. elnöke és Julia Slingo az EMS Silver Medal 2017. évi kitüntetettje

Heinke Schlünzen, az EMS kincstárnoka átadja a Travel Award-ot Göndöcs Júliának

Ürge-Vorsatz Diana meghívott előadó a megnyitóünnepségen

Nagy az érdeklődés a poszterek iránt

A budapesti EMS ülésnek és a hozzá kapcsolódó egyéb workshopoknak, meetingeknek 50 országból 732 résztvevője volt. Összehasonlításképpen érdemes felidézni a korábbi hasonló budapesti rendezvény jellemzőit. Az 1999-ben alakult Európai Meteorológiai Társaság (EMS) első konferenciáját 2001. szeptember 24. és 28. között az ECAM (European Conference on Applied Climatology) 5-ik ülésével együtt Budapesten a Hélia Hotelben tartotta. Az EMS akkori témája *„A meteorológia jövője Európában”* volt. Az eltelt 17 év során sokat fejlődött a meteorológia, ám az akkori téma ma is aktuális, mivel sokat változott az európai és a globális környezet is. A 2001-es rendezvényre 33 országból 302 résztvevő regisztrált, 10 neves felkért előadó, 55 szóbeli előadást és 57 posztert mutattak be. Azóta megváltozott a programszerkezet, három fő programfolyamot jelölt ki a PSC: Engagement with Society (ES), Operational Systems and Applications (OSA), Understanding Weather & Climate Processes (UP). Az évek során a részvevői szám is megnőtt és manapság a részvételi díj is jócskán meghaladja a 2001-es rendezvény idejében jellemzőt.

Budapest vonzó célpontnak bizonyult 2018-ban, ugyanis az összesítések szerint 816 absztraktot küldtek a konferenciára, ami rekordnak számít az EMS konferenciák történetében. Németország képviseltette magát a legtöbb résztvevővel, 72 fős volt a német delegáció, de Uruguayból és Tajvanról is érkeztek. A magyar kutatók számára kiváló lehetőséget adott a rendezvény a bemutatkozásra. Magyarországról összesen 44 fő vett részt a konferencián. A meglehetősen magas magyar részvételhez minden bizonnyal az is hozzájárult, hogy az MMT a különböző szekciók szervezésben is közreműködő tagok borsos regisztrációs díjának rendezésében közreműködött. Az MMT jóvoltából mentesült a díjfizetés alól: *Labancz Krisztina, Dobi Ildikó, Ferenczi Zita, Németh Ákos* és *Dunkel Zoltán* illetve az MMT fizette a regisztrációs díjat *Szintai Balázs*, *Weidinger Tamás*, *Szalai Sándor* és *Szentimrey Tamás* részére.

Az említett három fő programfolyamban, azokon belül 45 szekcióban zajlott a munka. Helyi szervezőként sikerült elérni, hogy egy újonnan javasolt, kifejezetten a Kárpát-medencére fókuszáló szekció is bekerült a programba: Pan-

nEx: The Water and Energy Cycles in the Pannonian Basin and their interactions with human activities" (szekció elnök – convenor: *Lakatos Mónika)* címmel. Az OMSZ vállalta, hogy a konferencia ideje alatt minden délelőtt 15 percben időjárási tájékoztatót tart. A kihelyezett HAWK munkaállomás segítségével *Kolláth Kornél* és *Baár Péter* európai körképpel, napi aktualitásokkal, friss budapesti prognózissal jelentkezett. A konferencia első napjaiban a Kárpát-medence időjárását egy magassági hidegörvény határozta meg, a Dunántúlon rövid idő alatt a szokásos havi csapadékösszegnek megfelelő mennyiségű csapadék hullott, de Budapesten is volt része esőben a konferencia látogatóinak. Majd megnyugodott a hazai időjárási helyzet, ezért a Japánban tomboló Jebi tájfun útvonalának előrejelzésére és az okozott károk bemutatására is maradt idő. A napi 20–30 érdeklődő ezzel együtt betekintést is kapott az OMSZ előrejelzői által napi gyakorlatban használt eszközök, megjelenítési technikák miként jébe.

Ambrus Alexandra és Strenner Szilárd (Grafacity.eu) készítik a rajzos összefoglalót

A végeredmény

Sonia I. Seneviratne (ETH Zurich) bevezető előadása

A COPERNICUS (www.copernicus.eu) program standja

A konferencia egyik szervezője és házigazdája, az *MMT* a hivatalos eseményeken kívüli programokat is kínált a résztvevőknek. Az egyik program során a látogatók vezetett túrát tehettek a hévizes eredetű, fokozottan védett *Szemlő-hegyi-barlang*ban, melynek falait dúsan borítják a meleg vízből kivált képződmények: borsókövek és karfiolra emlékeztető formák. A másik program keretében, *Labancz Krisztina* és *Dobi Ildikó* vezetésével, bemutattuk az érdeklődőknek a *Szolgálat* 118 éves, *art nouveau* stílusban épült székházát, ahol meglátogattuk az 1870-ben alapított meteorológiai szakkönyvtárat és megtekintettük az azóta eltelt csaknem 150 évben összegyűlt könyvritkaságokat. A könyvtár után bemutattuk a múzeum műszergyűjteményét, majd a stúdióban vendégeink kipróbálhatták magukat televíziós időjárás-előrejelzőként. Végül az épület tetején megcsodáltuk a budai hegyeket, amihez – jó meteorológushoz illően – ragyogó, napos időt is biztosítottunk. Az *OMSZ* székházba szervezett eseményeken összesen negyvenen vettek részt a konferencia résztvevői közül.

A konferencia vacsorát egy, a Dunán cirkáló hajón szolgálták fel, ami a Gellért térről indult. A Világörökség részét képező Duna-parti látkép, a Gellért fürdő, a Citadella, a budai Várnegyed, a Magyar Tudományos Akadémia és a Gresham-palota, az Országház és a Duna-part épületeinek látványa egészen a Margit-hídig kísérték a vendégeket. Az ír delegáció volt a legvidámabb, ehhez minden bizonnyal a

Kifejezetten gördülékenyen zajlott az esemény, ez részben a tettre kész, ügyes, mosolygós, a technikát is profin kezelő, az ELTE Meteorológiai Tanszékről, illetve a Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszékéről érkezett PhD hallgatóknak, meteorológus hallgatóknak, vagy frissen végzett meteorológusoknak volt köszönhető. A bonyolításban közreműködtek: *Balogh Adrienn*, *Czelnai Levente*, *Dávid Réka*, *Dolgos Emília*, *Fricke Cathy*, *Incze Dóra*, *Kalmár Tímea*, *Kovács Attila*, *Szabó Amanda*, *Varga Ákos* és *Molnár Gergely*. *Breuer Hajnalka* (ELTE) és *Labancz Krisztina* (OMSZ) pedig az EMS és az MMT közös standjánál segítette a konferencia résztvevőit.

kiváló magyar borok is hozzájárultak. A konferencia programja új formátumú, B5-ös, spirálozott kötetben jelent meg, egy könnyen lapozható, esztétikus kiadvány lett, címlapján a 2013-as dunai árvízről készült fotóval. Mobil applikáció is segíti már néhány éve az egyéni heti program kialakítását, ami nem könnyű feladat, mert a párhuzamosan zajló szekciókban, sok esetben egyidőben zajlanak az érdeklődésre számot tartó előadások.

A poszter terület vonzotta a látogatókat. Az üvegtetőn beáramló fény egész nap kiváló megvilágítást biztosított. A poszterek nézegetéséhez mindig rendelkezésre állt némi gyümölcs is a megfelelő vércukorszint biztosításához. A poszterverseny díját a *Peter Kalverla*, *Gert-Jan Steeneveld*, *Reinder Ronda* és *Bert Holtslag* (Wageningeni Egyetem, Meteorológia és Levegőminőségi Részlege illetve a Holland Királyi Meteorológiai Intézet) szerzői gárda *„A North Sea climatology of anomalous wind events”* című munkájának ítélte oda a zsűri. A pályamunkák értékelésében *Ihász István* (OMSZ) is részt vett, mint zsűritag. A győztes poszter szerzői a következő évi EMS konferencián mentesülnek a regisztrációs díj fizetés alól. Talán a legnagyobb dicséret, hogy *Sylvain Joffre* (PSC elnök) a zárszóban kiemelte, hogy ha állandó helyszínt kellene választani az EMS-nek, mint az EGU esetén, aminek Bécs ad otthont, akkor a résztvevők Budapestre és a Corvinus Egyetemre szavaznának.

Nem ritka manapság, hogy tudományos rendezvényekre meghívnak művészeket, hogy művészi eszközökkel érzékeltessék a rendezvény légkörét, dokumentálják az eseményeket, vagy felhívják a figyelmet a legfontosabb üzenetekre. Érdekes színfolt volt a konferencián a grafiti fal, amin *Strenner Szilárd* és *Ambrus Alexandra* (Grafacity.eu) néhány eseményt grafikusan is rögzítettek.

2019-ben Koppenhága, illetve a Dán Meteorológiai Társaság lesz a házigazda. A Dán Műszaki Egyetem (Technical University of Denmark – DTU) Koppenhágához közeli Lyngby-ben rendezik meg szeptember 9 és 13 között.

Végül egy találós kérdés: mi köti össze Triesztet, Dublint, Budapestet és Koppenhágát azon túl, hogy volt és leendő EMS helyszínek? A válasz: *James Joyce* (1882–1941) Dublinban (EMS, 2017) született, Triesztben (EMS 2016) is élt, fő műve az Ulysses, főhőse Leopold Bloom (Virág Lipót) a regény szerint Szombathelyen született, (nem Budapest, de Magyarország; EMS 2018). Magyarországot Dániával (EMS 2019) *Hans Christian Andersen*, híres dán meseíró (1805–1875) alakja köti össze. A naplója szerint 1841-ben gőzhajóval utazott felfelé a Dunán, Mohácsnál kiszállt a hajóból, és egy borbélymester Sokácrévvel szemben, bizonyos Hock János a híres írót megborotválta.

Összességében szakmailag is és a kapcsolatok építése szempontjából is hasznos rendezvény volt a 2018-as EMS Budapesten. A visszajelzések alapján méltán lehetünk büszkék a rendezésre.

A magán meteorológiai cégeket tömörítő PRIMET szervezet standja a konferencián

Az információcsere nemcsak az előadásokon, hanem az interneten is folyamatosan zajlott

Labancz Krisztina és Paul Halton az EMS standjánál

Lakatos Mónika látogatóban az EMS standjánál

BESZÁMOLÓ A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁGOK NEMZETKÖZI FÓRUMÁNAK 5. ÁLTALÁNOS ÖSSZEJÖVETELÉRŐL
REPORT ABOUT INTERNATIONAL FORUM OF METEOROLOGICAL SOCIETIES GENERAL MEETING 5

Dunkel Zoltán

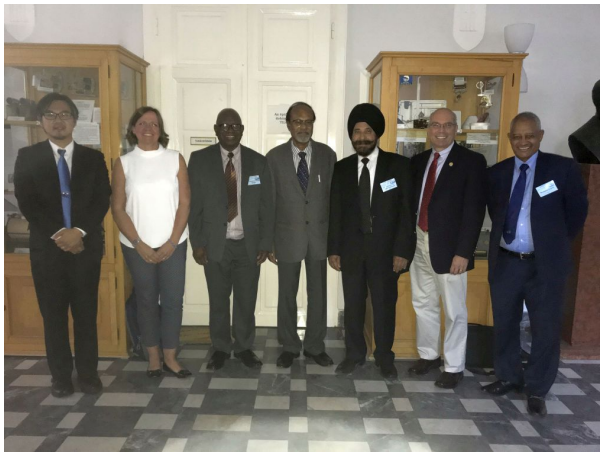
Magyar Meteorológiai Társaság, Budapest Kitaibel Pál utca 1, 1024, *dunkel.z@met.hu*

Összefoglalás. Ebben az írásban röviden beszámolunk az IFMS GM5 eseményeiről, amelyet ezúttal Budapesten tartottak.

Abstracts. We give an account about IFMS General Meeting 5 was held in Budapest, Hungary shortly in this writing.

A Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fórumát *(International Forum of Meteorological Societies – IFMS)* abból a célból hozták létre 2009-ban, hogy segítsen előbbre vinni a világ társadalmainak a meteorológia területén kitűzött céljait. A kezdeti terv az volt, hogy legyen egy olyan szervezet, ami elősegíti a meteorológiai társaságok együttműködését informális keretek között. Az együttműködésből a 4. összejövetelig mindössze csak annyi valósult meg, hogy létrehoztak egy közös szervezeti honlapot, s sikerült megszervezni a soron következő találkozókat. Az elsőt a georgiai Atlantában tartották 2010-ben, együtt az AMS éves közgyűlésével. A másodikra a kínai Xiamenben került sor 2011-ben. A harmadik az EMS konferenciával egy időben jött létre 2013-ban Readingben. A Kanadai Meteorológiai és Oceanográfiai Társaság (CMOS) és az Amerikai Meteorológiai Társaság (AMS) közös kezdeményezésére és támogatásával valósult meg a 4. értekezlet New Orleansban, 2016. január 13–14-én, az AMS 96. éves közgyűlésével párhuzamosan *(Bartholy*, 2016). Az MMT alapító tagja az IFMS-nek, s eddig minden Fórumon képviseltette magát. A 4. találkozó fő célja volt megvitatni és meghatározni azt, hogy mit szeretnének a tagok, s ezt milyen módon tudják elérni. A találkozó összehívásában döntő szerepe volt *Harinder Ahluwalia*nak, a kanadai társaság képviselőjének. Ezen az értekezleten széleskörű, az egész világot átfogó, a WMO területi beosztásának megfelelő, vezetőséget választottak, elnökkel, alelnökökkel, pénztárossal, a WMO régiók képviselőivel. Itt választották meg alelnöknek *Dunkel Zoltán*t a 2016–2018-es időszakra. Ettől kezdve a Fórum mindent elkövetett, hogy a korábbi laza informális kapcsolat helyett bejegyzett, bankszámlával rendelkező valódi szervezetté váljék. A szükséges alapító okirat az Egyesült Államok jogrendszerének megfelelően elkészült, s megtörtént a bankszámla megnyitása is. A Fórum korábban épp csak létező honlapján *(https://ifms.org)* rendre jelentek meg anyagok. Rendszeres, havonkénti telefonos tanácsülésekre is került sor.

Az IFMS GM5 résztvevői: Graciela Mercedes Salaberri (Uruguay), Keith Seitter (Egyesült Államok), Ruben Mario Caffera (Uruguay), Romulo Silveira Paz (Brazília), Workneh Degefu (Etiópia), Dimitar Ivanov (WMO), Kung-Yueh Caayale Chao (Taivan), Sushil Kumar Dash (India), Olavo Francisco Valente Rasquinho (Portugália), Harinder Ahluwalia (Kanada), Tafesse Regassa Gurmu (Etiópia), Buruhani Nyenzi (Tanzania), Paolina Valova (Slovakia), Fritz Neuwirth (Ausztria), Hilda Carr (ECMWF), Elisabeth Bentley (Egyesült Királyság), Fejes Edina (Magyarország), Tomas Helenka (Csehország), Mary E, Voice (Ausztrália), Pavol Nejedlik (Szlovákia), Dunkel Zoltán, Szabó Dorottya, Németh Ákos (Magyarország)



Az International Forum of Meteorological Societies levelezés útján, az ülést megelőzően a 2018–2020 időszakra megválasztott vezetőségének Budapesten megjelent tagjai az ülés bezárása után, 2018. szeptember 6.: Kung-Yueh Cayale Chao (Taivan) – kincstárnok és honlap-szerkesztő, Elisabeth Bentley (Egyesült Királyság) RA VI képviselő, Buruhani Salum Nyenzi (Tanzania) – adminisztratív elnökhelyettes, Sushil Kumar Dash (India) – RA II képviselő, Harinder Ahluwalia (Kanada) - elnök, Keith Seitter (Egyesült Államok) – gazdasági elnökhelyettes, Workneh Degefu (Etiópia) – RA I képviselő)

A korábbi, minden formális kötődés nélküli, gyakorlatilag csak a két évenként megrendezésre kerülő összejövetellel életjelet adó szerveződésből, valódi céllal rendelkező, s annak érdekében tevékenykedő, hatékony szervezetté kívánja formálni az elnök a fórumot, s úgy tűnik, ebben vannak társai, elsősorban az AMS, az ausztrál és a brit meteorológiai társaság. Aktívan támogatja India, Tajvan és néhány afrikai ország meteorológiai társasága. Az IFMS rendre képviseltette magát különböző meteorológiai eseményeken: AMS konferencia, InterAsia meeting, FLISMET találkozó. Az IFMS, elsősorban az elnök *Harinder Ahluwalia* aktívan részt vett a budapesti EMS Annual Meeting üzleti meteorológiai szekciójának megrendezésében, aminek elnöklését az Egyesült Államok

Meteorológiai Szolgálatának (NWS) igazgatója *dr. Louis Uccellini* személyesen vezette. Ezen az ülésen előadást tartott a magánmeteorológiai cégeket tömörítő PRIMET képviselője, *Dennis Schulze,* előadást tartott a WMO szakértője, s az „academic" szektor reprezentánsa, *prof. Leonard Smith* (London School of Economics) is.

Az IFMS 5. értekezletének helyszíne az OMSZ Kitaibel Pál utcai székházának emeleti tanácsterme volt. A részvétel vagy érdeklődés hasonlónak mondható a korábbi IFMS összejövetelekhez. Az értekezleteken készült csoportképeken látható személyek száma nem feltétlenül egyezik meg a képviselt szervezetek létszámával, de mindenképp ad valamilyen támpontot az érdeklődés nagyságára. Atlantában (2010. január 17–20) *35*, Xiamen-ben (2011. november 1–5) *31*, Readingben (2013. szeptember 12–13) *25*, New Orleansban (2016. január 13–14) *24*, míg Budapesten is csak *24* résztvevőt lehet megszámolni a csoportképen. Bíztunk abban, hogy az EMS konferenciával egy időben történő rendezés az európai meteorológiai társaságok nagyszámú képviseletét eredményezi, de sajnos nem így történt. Örömmel üdvözöltük volna a Kínai Meteorológiai Társaság képviselőjét, aki nem kapott vízumot, míg a Japán Meteorológiai Társaság az IFMS politikájával, célkitűzéseivel való egyet nem értése miatt maradt távol.

Az értekezet az ilyenkor szokásos protokoll szerint kezdődött. Az OMSZ elnöke, *Radics Kornélia* köszöntötte a megjelenteket, majd az MMT elnöke, mint meghívó ismertette a technikai tudnivalókat, majd *Harinder Ahluwalia*, az IFMS elnöke tartott megnyitó beszédet.

A megnyitó után *Dimitar Ivanov* a WMO ügyvezető helyettes főtitkára tartott vitaindító előadást a „Global Weather Enterprise" *(globális időjárási vállalkozás)* témakörben, mintegy folytatva a délelőtt folyamán elhangzott EMS előadását. A WMO küldötte egyúttal tájékoztatta az értekezlet résztvevőit arról, hogy a WMO EC-70 tanácskozó státuszt adott az IFMS-nek.

Az első kávészünet után *Hilda Carr*, kommunikációs vezető adott rövid összefoglalást az ECMWF munkájáról, majd *Harinder Ahluwalia*, mint az IFMS elnöke számolt be részletesen, hogy az elmúlt három évben milyen eredményeket ért el a Fórum.

Workneh Degefu elismerését fejezte ki az első időszak tanácstagjainak az eredményes munkáért és hangsúlyozta, hogy közelebbi kapcsolatot kell kiépíteni az IFMS és a WMO között. *Mary Voice* az AMOS korábbi elnöke szintén gratulált az elért eredményekhez. A további lépésekről és teendőkről szóló általános vitában *Liz Bentley*, (RMetS) javasolta, hogy világos célokat és határozott lépéseket fogalmazzon meg a Fórum a következő három évre. *Mary Voice* azt is javasolta, hogy a következő tanácsülés hozzon létre egy munkacsoportot a honlapon a stratégiai lépések kezelésére, továbbá annak meghatározására, hogy miként jelenjen meg a Fórum a különböző tájékoztatási eszközökön. Ez a javaslat elfogadott döntés formájában is testet öltött. *Keith Seitter* javasolta minden olyan ajánlat figyelembevételét, ami növelheti az IFMS hatékonyságát, pl. IFMS díj létrehozását. A javaslatnak megfelelően kérték a résztvevőket, illetve az összes IFMS tagot, hogy javaslataikat juttassák el az elnökhöz.

Az első napi összejövetel a szokásos fogadással ért véget, amit az MMT a Jégkert étteremben tartott. A résztvevőknek tetszett a szabad rendelés lehetősége, így ki-ki ízlése szerint fogyaszthatott ételt és italt. A magyar borok nagy tetszést arattak.

A második napon lehetőség volt a megjelent társaságok bemutatkozó előadására. A sort az *Ausztrál Meteorológiai Társaság* kezdte. Utána kért szót az uruguay-i társaság, a *Sociedad Amigos del Viento,* ami egyúttal a *Dél-Amerikai és Ibériai Meteorológiai Társaságok Szövetségé*nek (FLISMET) a tagja, s jelenleg ők adják a Szövetség titkárságát is. A másik dél-amerikai megszólaló a *Centro Argentino de Meteorólogos* képviselője volt. A sort a meteorológiai társaságok doyenjének, az 1850-ben alapított Királyi Meteorológiai Társaság (RMetS) képviselője *Elisabeth Bentley* professzor folytatta. A brit társaság 3500 tagjának egy-egy harmada egyetemi oktató illetve hallgató, hivatásos, főfoglalkozású meteorológus illetve amatőr. Őt a *Tanzániai Társaság* jelen lévő elnöke követte, majd a sort az *MMT* ismertetője zárta be.

Ezt követően, az elsősorban az elnök által preferált, s meglehetősen erősen középpontba állított *Global Weather Enterprise* szekció a magánmeteorológia fontosságával, még szabadabb adathozzáférésével foglalkozott.

A GWE szekció után került sor az új Tanács összetételének ismertetésére. A választás az értekezletet megelőzően levelezés útján került lebonyolításra. Az IFMS Tanács összetétele a 2018–2020-as időszakra:

Elnök: Harinder Ahluwalia (CMOS) – Kanada
- Alelnök (pénzügyek): Keith Seitter (AMS) – USA
- Alelnök (adminisztráció): Buruhani Nyenzi (TMS) – Tanzania
- Főtitkár: Yongyun Hu (CMS) – Kína

Területi képviselők (WMO régiók szerint):–- Ethiopia
- RA 2 (Ázsia): Sushil Kumar Dash (IMS) – India
- RA 3 (Dél-Amerika): Elizabeth Castaneda (CAM) – Argentina
- RA 4 (Észak-és Közép Amerika): Jack Hayes (AMS) – USA
- RA 5 (Csendes Óceáni területek): Michael Coughlan (AMOS) – Ausztrália
- RA 6 (Europe): Elisabeth Bentley (RMetS) – UK.

A bemutatást, bemutatkozást négy csoportba osztott *„brainstorming"* követte. Az első csoport a 2019-es WMO kongresszusra való IFMS felkészüléssel, a második a 2020-as AMS konferenciába való IFMS beilleszkedéssel és kapcsolatépítéssel, a harmadik az IFMS jövőjével, a szükséges anyagi alapok megteremtésének lehetőségeivel, míg a negyedik a kommunikációs stratégiával, egyebek közt a honlappal, a lehetséges kiadványokkal foglalkozott. Tervek születtek a következő IFMS értekezletek helyszínét és időpontját illetően. A GM6-ra az AMS éves konferenciájával egy időben, Bostonban kerül majd sor 2020. január 12 és 16 között. Az Etióp Társaság jelezte szándékát a 2022-es (GM7), míg az Indiai Társaság a 2024-es (GM8) értekezlet megszervezésére.

Irodalom

Bartholy, J., 2016: Beszámoló az IFMS 4. üléséről. *Légkör* 61, 27

FÖLDTUDOMÁNYOS FORGATAG – 2018
EARTH SCIENCE 'WHIRL' – 2018

Krivánné Horváth Ágnes
Magyarhoni Földtani Társulat, 1015 Budapest, Csalogány u 12., *mft@mft.t-online.hu*

A Magyarhoni Földtani Társulat jubileumi, tizedik Földtudományos forgatagát, a Magyar Természettudományi Múzeumban, november 10–11-én rendezte meg. A közkedvelt rendezvény szervezői elsősorban hagyományos programokkal készültek, de mindenképpen szerették volna meglepni a nagyközönséget valami újdonsággal is.

Ezért idén először meghirdették a geosüti sütőversenyt, amelyre kiállítók és látogatók egyaránt nevezhettek. Péntek délután kezdődött a sürgés-forgás a standok kialakításával a múzeum kupolacsarnokában és a belső kiállítócsarnokban.

Több, mint harminc kiállító hozta el különleges berendezéseit, izgalmas játékait, és foglalkoztató eszközeit. Eljött az Agrárminisztérium Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztálya, az ANZO-Perlit Kft., a Bakonyi Természettudományi Múzeum, a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság, a Biocentrum Kft., a Bükki Nemzeti Park Igazgatóság Ipolytarnóci Ősmaradványok Természetvédelmi Területe, az ELTE Természetrajzi Múzeuma, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszéke, az Eötvös Loránd University Student Chapter of the Society of Economic Geologists, az Eszterházy Károly Egyetem Földrajzi és Környezettudományi Intézete, a Geo-Log Kft., a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, a Kuny Domokos Múzeum, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, a Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat, a Magyar Meteorológiai Társaság, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálata, az ELTE Meteorológiai Tanszéke, a Magyar Természettudományi Múzeum Ásvány- és Kőzettára, Őslénytani és Földtani Tára, Mátra Múzeuma (Gyöngyös), a Magyar Talajtani Társaság, a MFT Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztálya, a BME Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszéke, a Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kara, a MOL Nyrt, az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földtani és Geokémiai Intézete, valamint Geodéziai és Geofizikai Intézete, a Novohrad-Nógrád Geopark Kft., a Pásztói Múzeum, a Természetfilm.hu – Tudományos Filmműhely és az Utazó Planetárium Kft.

A *meteorológiát* ezúttal *Breuer Hajnalka* (ELTE Meteorológiai Tanszék) valamint *Kovács Mónika* és *Steierlein Ákos* hadnagyok (MH GEOSZ) képvisleték.

A szombat délelőtti megnyitón a Forgatag látogatóit, résztvevőit és a sajtó képviselőit a kupolacsarnokban Medzihradszky Zsófia főigazgató-helyettes asszony köszöntötte a házigazda nevében, és megnyitotta a rendezvényt. Ezután Budai Tamás elnök emlékezett meg az első Forgatag megrendezésével kapcsolatban a Föld Nemzetközi éve 2008 célkitűzéseiről, és azok aktualitásáról. Felkerné Kóthay Klára röviden beszélt az „Év ásványa", „Év ősmaradványa" és „Év ásványkincse"program 2019" évi kiválasztottjairól, a galenitről, a csak lábnyomáról ismert hazai dínóról a *Komlosaurus*ról, és az építészetben közkedvelt ásványkincsünkről, a mészkőről. Nemerkényi Zsombor pedig a *Magyarország Nemzeti Atlasza* sorozat nemrég elkészült *Természeti környezet* c. kötetét mutatta be röviden.

A Földtudományos Forgatag megnyitása: Szonjáth Gábor, Fancsik Tamás, Dunkel Zoltán, Ádám József, Nemerkényi Zsombor (takarva), Babinszki Edit, Kóthay Klára, Medzihradszky Zsófia, Budai Tamás

Az év ásványát és az év ősmaradványát ismertető poszter

A kiállítócsarnokok hamarosan megteltek látogatókkal, különösen sok iskoláscsoport érkezett, a szombati munkanap miatt. A kiállítók nagy odaadással és lelkesedéssel foglalkoztak az iskolásokkal, a családok felnőtt és gyerektagjaival, kinek-kinek a maga tudásához mérve az átadható élményeket, ismereteket. Minden standnál volt interaktív játék, kvíz, mikroszkóp vagy egyéb bemutató eszköz, műszer, térkép, poszter, színező, megtapogatni való ásvány, kőzet, ősmaradvány és sok-sok ajándék.

A látogatók a következő ismeretterjesztő előadásokat hallgathatták meg a *Múzeum Semsey termében.*

Szombaton*:*

Nemerkényi Zsombor (MTA CSFK, FTI): A Magyarország Nemzeti Atlaszának új kiadásában megjelent Természeti környezet c. kötet bemutatása;

Papp Gábor (MTM): Bűvös kockák a bányából – Az év ásványa, a fluorit;

Leél Őssy Szabolcs (ELTE): Kirgizisztán hegyein és barlangjaiban;

Prakfalvi Péter (MBFSZ): Földtudományi értékek tárháza a Novohrad-Nógrád Geopark;
Pálfy József (ELTE): Gyors klímaváltozások sok millió évvel ezelőtt;
Hir János (Pásztói Múzeum): Barangolás Görögország hegyvidékein;
Takács József (V-PEARL Kft.): Mitől színesek a drágakövek?;
Barta Veronika (MTA CSFK GGI): Új eszköz Földünk kozmikus védelmének szolgálatában.
Vasárnap:
Főzy István (MTM): Nevezetes ősmaradványok: a Szent László pénze, a Kárpátok sárkánya és a triász tengeralattjárója;
Kovács István János (MTA CSFK): Földrengés a lemeztektonikában;
Prakfalvi Péter (MBFSZ): Vizet nyelő és füstöt okádó "lyukak" a felszínen;
Erőss Anita (ELTE): Rejtett természeti kincseink a talpunk alatt;
Kercsmár Zsolt (MBFSZ): Csodálatos földtörténet;
Szarka László (MTA CSFK): Környezetbiztonsági kihívások – földtudományi szemmel

Az Utazó Planetárium az idén minden eddiginél nagyobb kupolával érkezett, és új bemutatókkal örvendeztett meg ki-

A meteorológia standjánál Kovács Mónika hadnagy

csiket és a nagyokat:
A Fény
Utazás a bolygók csodálatos világába
Két kis üveglencse - A távcsövek csodálatos világa
Utazás a bolygók csodálatos világába
Kozmikus eredetünk felfedezése
Csapdába ejtett csillagfény: A modern távcsövek világa
Földtől az Univerzum határáig – utazás a végtelenbe és még tovább…
Élő csillagunk, a Nap
Napszúrás – Életet adó csillagunk és az űridőjárás rejtelmei
Europe to the Stars – Európai csillagászat
A Naprendszer felfedezése

A korábbi évekhez hasonlóan, mindkét napon vetítettünk ismeretterjesztő filmeket. Szombaton hazánk nemzeti parkjainak csodáit ismerhették meg az érdeklődők, vasárnap pedig a Természetfilm.hu egyesület izgalmas filmjeit láthattuk. A levetített filmek az alábbiak voltak:
Szombat:
Korhadó múlt, porladó jövő? – A bükkábrányi ősciprusok
Az első – A Hortobágyi Nemzeti Park
Találkozások térben és időben – A Duna-Ipoly Nemzeti Park
A gyöngyszem – Az Aggteleki Nemzeti Park
Vízjárta puszták vidékén – A Körös-Maros Nemzeti Park
Fennsík az ország tetején – Bükki Nemzeti Park
Dinoszauruszok és vadászaik
A magyar tenger mellékén – A Balaton-felvidéki Nemzeti Park
A vadludak útján – A Fertő-Hanság Nemzeti Park
Táj és ember – Az Őrségi Nemzeti Park
Az élő vizek partja – A Duna-Dráva Nemzeti Park
A homok és a szik birodalma – Kiskunsági Nemzeti Park
Vasárnap
A Nagy Fafilm
Papagáj expedíció Amazóniában
A kőbaltás ember 1. – Érdi medvevadászok
A kőbaltás ember 2. – Samu vacsorája
Budapest Inferno – A Molnár János-barlang titka
A dunavirág mentőakció
Üzenet a palackban, avagy a PET Kalózok hivatalos története

A vasárnap délután főattrakciója a geosütisütő verseny eredményhirdetése volt.
A pályázók 5 kategóriában nevezhettek:
1. 10 éves a Földtudományos forgatag
2. Az év ásványa, a fluorit
3. Az év ősmaradványa, a *Balatonites*

A TACMET állomást ismerteti Steierlein Ákos hadnagy

4. Kontinens-kontinens kollízió
5. A Burgess-pala faunája

Minden kategóriában érkeztek ötletes, látványos, és – amint később kiderült – ízletes pályaművek, amelyek egyaránt elkápráztatták a zsűri tagjait és a közönséget.
A szerencsés pályázó a Burgess pala faunája c. témájú műalkotással nyerte el „Az év geocukrásza” kitüntető címet, és egy hatalmas vándorkupát.
A standokon helyt álló lelkes kiállítói csapat a társulati büfében frissíthette fel magát szendvicsekkel, kávéval, teával, ásványvízzel, gyümölccsel és édességgel. A Forgatag hangulatát és nyüzsgő életét Cserny Tibor fotói illusztrálják, amelyek az alábbi linken érhetők el:
https://photos.google.com/share/AF1QipM7NHoCoNeFn202nJgYjr4cvMSZ9ZvFnVZ6ctJs-DxH7Ye7_jAOvfmaiMtQCYM1Yw?key=S21sSVdPWWxFQ2Jza2lmcHk5NDdtZGQ2OExpMVVn

A kétnapos rendezvény látogatottsága a tavalyinál picivel alacsonyabb volt a szombati munkanap miatt. Mintegy 2200 fő érkezett fizetett belépővel, kb. 150 meghívott vendég jött, a kiállítói standokon pedig legalább 250 fő dolgozott. A rendezvény több országos és helyi írott sajtóban kapott a médiában nyilvánosságot.

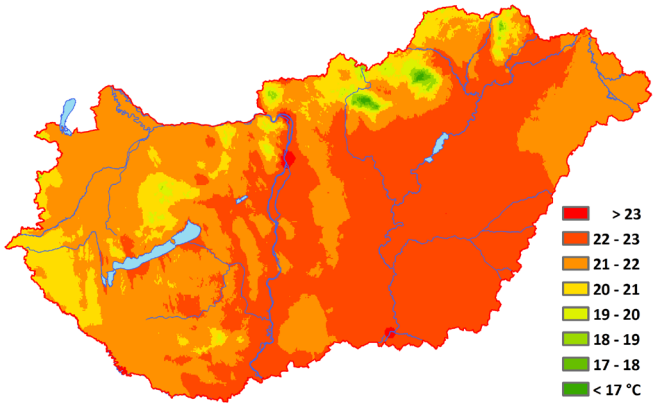
2018 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA
WEATHER OF SUMMER 2018

Bíróné Kircsi Andrea

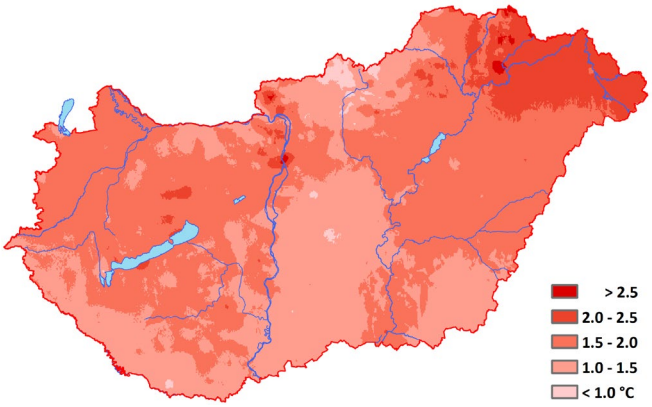
Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., *kircsi.a@met.hu*

Összefoglalás. A tavasz után a nyár is melegebb volt a szokásosnál. A térbeli és időbeli szélsőségek ellenére országosan a sokévi átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék hullott. Az évszak középhőmérséklete országos átlagban 21,8 °C-nak adódott , ami 1,6 °C-kal haladta meg az 1981–2010-es normálértéket és ezzel a 7. legmelegebb nyár volt 1901 óta. Az idei nyár során összesen három alkalommal adtak ki másodfokú hőségriasztást (július 30 és augusztus 5, augusztus 7–10. és augusztus 21–23.). Forró nap ($T_{max} \geq 35$ °C) nem volt. A hőségnapok ($T_{max} \geq 30$ °C) átlagos száma magas volt, 33 nap. A legtöbb Törökszentmiklós környékén: itt 57 hőségnapot regisztráltak. Összesen 76 nyári nap ($T_{max} \geq 25$ °C) volt az idén nyáron, 16-tal több, mint az 1981–2010-es érték. A háromhavi csapadékmennyiség országos átlagban 201,6 mm volt, mintegy 2%-kal több, mint az 1981–2010-es normál. A nyári csapadék jellemzően szélsőséges időbeli és térbeli eloszlással érkezett. Több településen, egy-egy napon a szokásos havi csapadék többszöröse hullott, ugyanakkor az északkeleti országrészben, augusztusban már csapadékhiány alakult ki. A nyári csapadékösszeg maximuma 427 mm volt, melyet Bakonybélben mértünk, míg a legalacsonyabb csapadékmennyiséget (74,6 mm) Tiszabercel állomáson összegeztük.

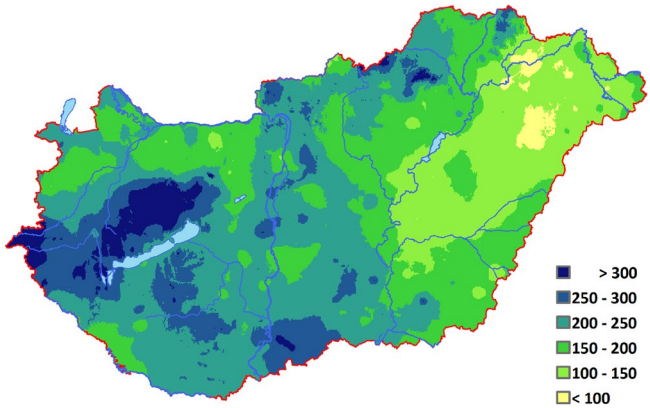
Június. A szokásosnál 1,5 °C-kal volt melegebb a nyár első hónapja az 1981–2010-es átlaghoz képest és ezzel a 15. legmelegebb június 1901 óta. Országos átlagban a 20,5 °C havi középhőmérséklet valójában jelentősen elmaradt az eddigi legmelegebbnek számító 22,4 °C (2003) és a tavalyi 21,5 °C értéktől. Június elején folytatódott a május végére jellemző igen meleg időjárás, mely ezúttal csapadékban is gazdag volt. Jelentős lehűlés rövid időre a június 12-i heves zivatar



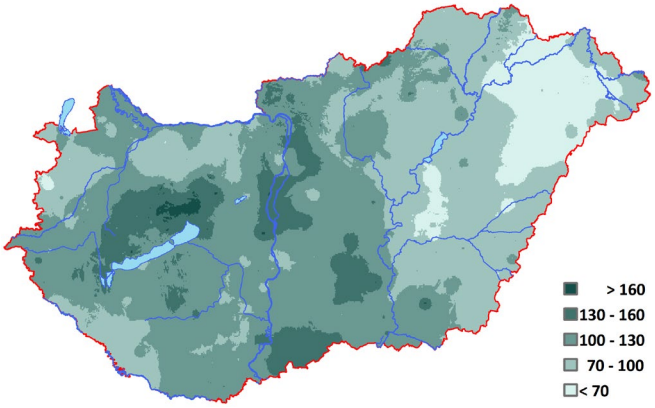
1. ábra: A 2018-as nyár középhőmérséklete, °C



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



3. ábra: A 2018-as nyár csapadékösszege, mm



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

átvonulása után volt, de utána újra 4–5 °C-kal melegebbnek adódott a napi országos átlag. Az utolsó dekádban a szokásosnál hűvösebb és csapadékosabb időjárás uralkodott. Országosan 21 nyári nap volt ($T_{max} \geq 25$ °C) és 5 hőségnap ($T_{max} \geq 30$ °C). Mind a nyári, mind a hőségnapok száma (5 és 1) több, mint az 1981–2010-es norma.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
34,8 °C, Mezőkovácsháza *(Békés megye), június 12.*

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
4,1 °C, Kékestető *(Heves megye), június 23.*

A júniusi csapadékösszeg országosan 96,5 mm, 30%-kal több, mint a sokévi átlag. A Tiszántúlra alig 50 mm érkezett, a Nagykunságban 20 mm-t sem érte el a lehulló csapadék. Ugyanakkor heves zivatarok miatt a Dunántúlon, és a Duna-Tisza közén jóval 100 mm feletti mennyiséget összegeztünk. Különösen csapadékos időjárás jellemezte a Bükk-hegységet és Vas megyét. Rekordot döntött Bánkút, ahol június 10-én 173 mm hullott. Június 1-én a Vas megyei Pinkamindszenten 93,4 mm zúdult le. Országos átlagban júniusban 13 csapadékos (norma:11), míg 8 zivataros nap volt (norma: 4).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
339,1 mm, Bánkút *(Borsod-Abaúj-Zemplén megye)*

A hónap legkisebb csapadékösszege:
17,4 mm, Kunmadaras *(Jász-Nagykun-Szolnok megye)*

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
173,0 mm, Bánkút *(Borsod-Abaúj-Zemplén megye), június 10.*

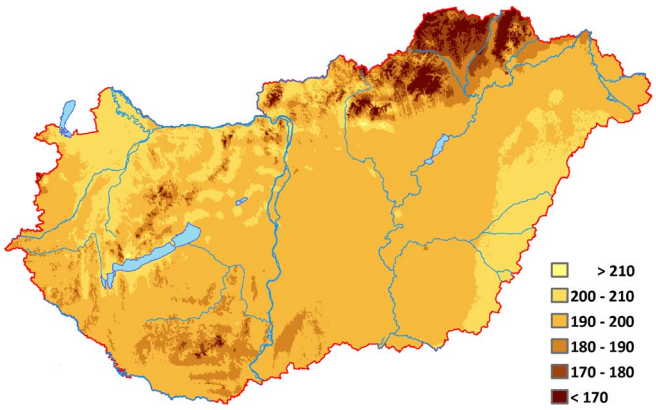
Július. A középhőmérséklet az ország legnagyobb részén 20–23 °C között alakult. A legmelegebb területek a Dunakanyar, Budapest és tágabb környezete, illetve az Alföld. A hegyvidéki tájakon, a Bükkben és a Mátrában a havi közép alig emelkedett 15 °C fölé. A 21,9 °C-os havi középhőmérséklet 0,7 °C-kal volt melegebb a normálnál. Július a szokásostól jóval hűvösebb és száraz időjárással kezdődött egy hazánktól északkeletre örvénylő ciklon hatására. A légörvény gyengülésével pár napig az átlagosnál melegebb volt az időjárás. Később változékonyabbra fordult az idő. Gyenge frontok és magassági hidegcseppek vonultak át felettünk, de jelentős lehűlés nem történt. Az utolsó dekádban az anticiklonális hatás érvényre jutásával megérkezett az igazi nyár, hónap végi kánikulával. Július 29–31. között országosan a napi közép 3 napon keresztül 25 °C felett volt. 30-ától II. fokú hőségriadót rendeltek el. Országosan 26 nyári, 8 hőségnap volt.

A nyári napok száma kicsit több, a hőségnapok száma kicsit kevesebb, mint a normálérték.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***36,6 °C, Budakalász** (Pest megye), július 29.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***4,4 °C, Pátka** (Fejér megye), július 2.*

A júliusi csapadék országosan 58,2 mm, ami a sokévi átlag 92%-a. A csapadék területi eloszlása a nyár második hónapjában is szélsőségesen alakult: a Kisalföldön és a Tiszántúl jelentős részén 20 mm alatt maradt a hónap során lehulló csapadék mennyisége. A legkevesebb csapadékot Pest megyében összegeztük (10 mm), míg a Bakonyban és az Alpokalján jóval több, mint 100 mm hullott. Július elején az északkelet felől érkező hűvös és száraz légtömeg miatt csapadékmentesen teltek a napok, majd az érkező hidegfront hatására többfelé esett kiadós eső. Július első dekádja után pár napig száraz időjárás uralkodott. Később a hónap végéig szinte mindennap hullott több-kevesebb csapadék. Jelentősebb csapadékmennyiség egy északkeleti irányból érkező önfenntartó zivatarláncból hullott július 23-án. A hónap végéig még labilis maradt a légkör, mely továbbra is kedvező körülményeket teremtett záporok, zivatarok kialakulásának. Az országban átlagosan 10 csapadékos nap és 6 zivataros nap fordult elő, melyek 1, illetve 2 nappal haladják meg a normált.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***154,0 mm, Szalafő** (Vas megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***10,0 mm, Aszód** (Pest megye)*



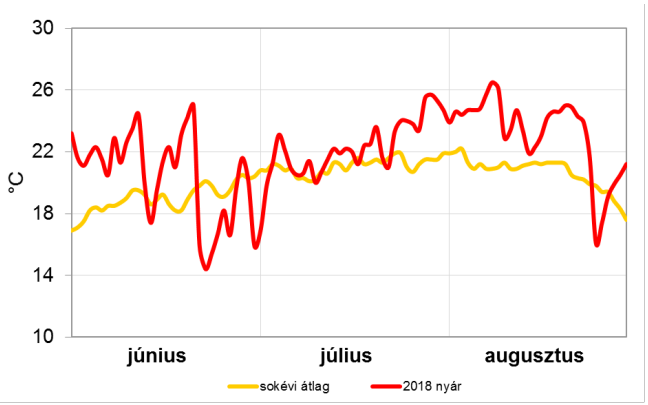
5. ábra: A 2018-es nyár globálsugárzás összege, kJcm^{-2}

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***74,6 mm, Tömörkény** (Csongrád megye), július 23.*

Augusztus. A nyár utolsó hónapja az 1981–2010-es átlaghoz képest 2,6 °C-kal volt melegebb. Az országos 23,2 °C-os havi közép a 4. legmelegebb 1901 óta. A legmelegebb területek az Alföld középső és déli része, a Körös-Maros köze, a Dunamenti-síkság budapesti térsége, a Sajó-völgye. Országosan 28 nyári- és 19 hőségnap volt. A nyári nap 6-tal, míg 11-el volt több hőségnap, mint a norma. A hónap elején folytatódott a kánikula. Az OMSZ veszélyjelzései alapján az országos tiszti főorvos a július 30. és augusztus 3. között meghirdetett II. fokú hőségriadót 5-éig meghosszabbította, 7. és 10. között újabbat rendelt el. Az országos átlag augusztus 8–10. között jóval 25 °C fölött volt. A csúcsot 9-én érte el, amikor 5,5 °C-kal volt magasabb a napi átlag a sokévi átlagnál. A forró első dekádot követően egy-egy ciklon hidegfrontja hazánkat is érintette, de a hőmérséklet továbbra is a sokévi átlag felett volt. Értéke országosan 21-én újra elérte a 25 °C-ot, így a II. fokú hőségriasztást 23-ig kiadták a harmadik hőhullám idejére. Markáns lehűlést egy Európát átszelő, nagy kiterjedésű frontrendszer hozott, amely mögött hűvös levegő árasztotta el a Kárpát-medencét. A hónap végén egy anticiklon hatására újra meleg, nyári idő alakult ki.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***36,6 °C, Budakalász** (Pest megye), augusztus 9.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***5,4 °C, Pátka** (Fejér megye), augusztus 28.*

Az augusztus igen száraz volt. A havi összeg országos átlagban 46,9 mm volt, ami a sokévi átlag 76%-a. Az ország nagy részén nem hullott számottevő csapadék. Különösen Szabolcs-Szatmár-Bereg, Békés és Bács-Kiskun megyék területén, ahol 25 mm alatt maradt a havi csapadék. Más tájakon heves felhőszakadások miatt a csapadék térben és időben koncentráltan érkezett. A Dunántúli-középhegységben, a Börzsöny és a Cserhát térségében a hónap során lehulló csapadék mennyisége megközelítette, vagy meghaladta a 100 mm-t. A csapadékos napok száma 1 nappal volt kevesebb a szokásosnál (7 nap),



6. ábra: A 2018 évi nyár napi középhőmérsékletei és a 1981–2010-es sokévi átlag, °C

míg 2 nappal több zivataros nap (5) fordult elő.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***150,9 mm, Hárskút** (Veszprém megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***6,2 mm, Aranyosapáti** (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***88,4 mm, Felsőtárkány** (Heves megye), augusztus 15.*

2018. nyár időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm^{-2}	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszak összes	*eltérés*	*évszak összes*	*évszak közép*	*eltérés*	*max*	*napja*	*min*	*napja*	*évszak összes*	*átlag %-ában*	*r ≥ 1 mm napok*	*viharos nap (f_x ≥15 ms^{-1})*
Szombathely	813	76	195	21,4	1,9	34,1	08.09	7,3	06.23	227	101	24	8
Nagykanizsa			195	20,8	1,4	33,4	08.09	5,9	06.23	248	102	25	3
Pér				21,5		34,4	08.09	5,6	07.02	146	80	21	11
Siófok			202	23,3	2,1	34,8	08.08	12,1	07.02	206	118	23	16
Pécs	850	23	196	22,1	1,5	32,4	08.22	10,1	06.23	259	125	30	6
Budapest	866	36	191	22,9	1,8	34,6	08.09	9,3	07.02	169	95	20	5
Miskolc	843	71	183	22	2,1	33,8	08.09	8	06.24	284	129	26	0
Kékestető	752	-20	181	16,8	1,8	26,3	08.21	4,1	06.23	235	90	31	12
Szolnok			207	22,9	1,7	35,2	08.09	8,9	07.02	124	68	19	10
Szeged	886	63		22,6	1,7	35	08.21	7,4	07.02	218	120	24	9
Nyíregyháza			204	22,2	2,2	34,4	08.05	9,1	06.24	108	61	19	6
Debrecen	915	88	193	22,4	2	33,6	08.21	7,4	06.24	125	69	23	2
Békéscsaba			209	22,3	1,6	34.4	08.22	7,9	07.02	177	95	27	4