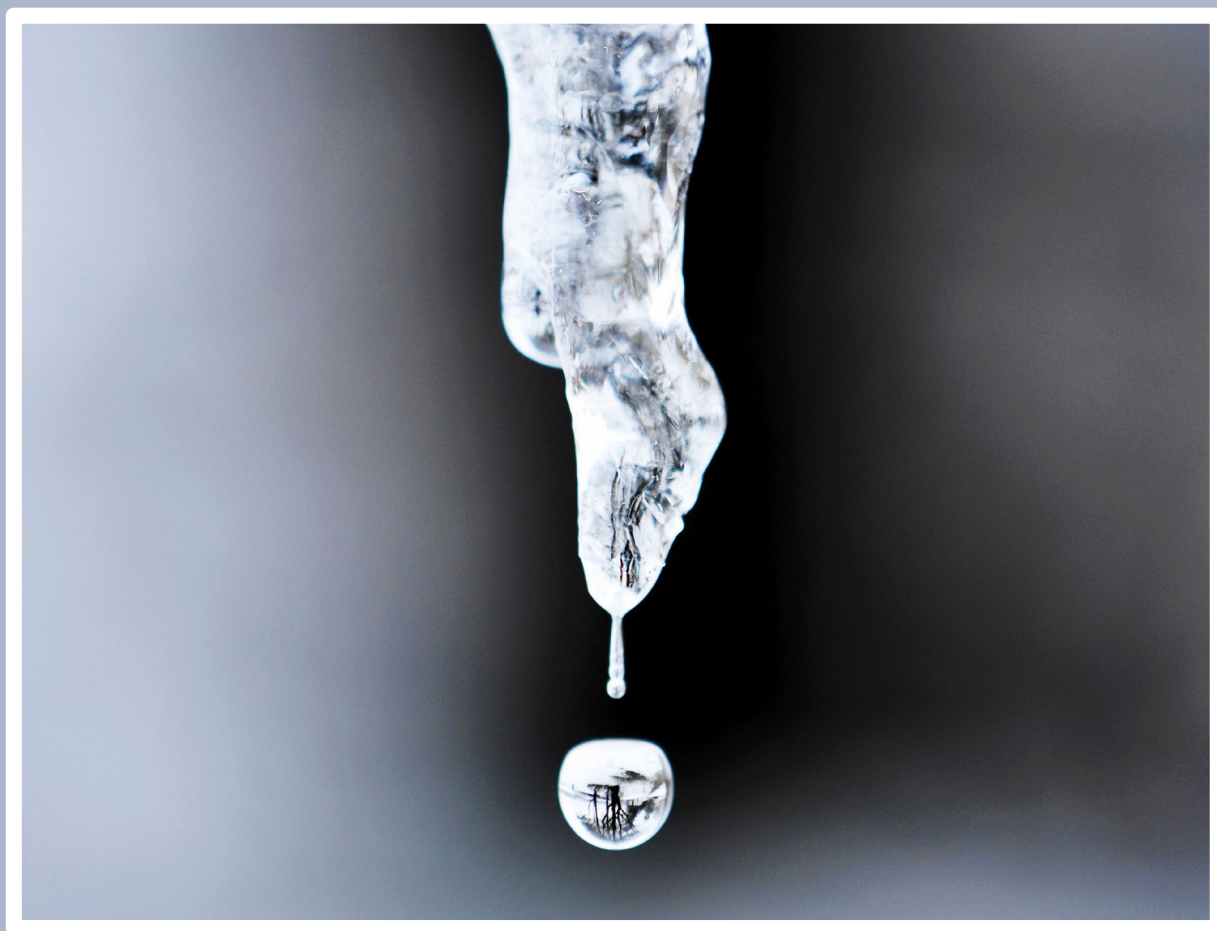


# L É G K Ö R

66. évfolyam

2021. 1. szám



# ÉVSZAKOS FOTÓGALÉRIA BEST PICTURES OF THE SEASON

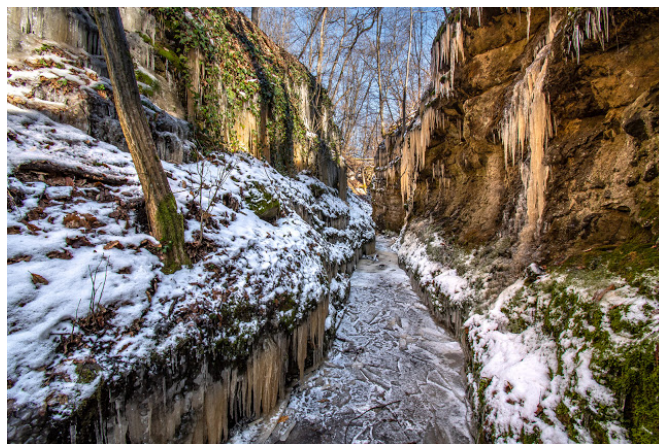
Cséfalvay Katalin

„Történetek képekkel” blog szerzője, csefi.katalin@gmail.com

## Jégcsapútra a Szakadás-árokban – 2021. február 19.



**A februári esőzések utáni fagy csodát varázsolt több szurdokban**  
A Szakadás-árok függőleges sziklafalait többméteres jégcsapok borították, tobzódtunk a különleges képződmények látványában. A saras víz megfagyva valóságosan sárgán csillogott a napsütésben, mint-ha minden arannyal lett volna bevonva.



**A nappali felmelegedés ellenére a szurdok mélyén fagyos az idő**  
A középtájon elkeskenyedő szurdok mindkét sziklafalát egyszerre érinthettük, két kitért kezünkkel. A patak teljesen kitölti a völgyet. Ide nem ér el a nap melege. A fagyott jégtáblák recsegtek a lépteink alatt, itt-ott be is szakadt, ilyenkor bokáig süllyedtünk a hideg vízben.



### Útálló jéggel bevont kőtömbök

A keskeny sziklaszoros két fala közé egy nagyobb vaddisznó méretű szikla ékelődött. A nappal felolvadó, majd éjjel újra megfagyó víz jégpáncéllal vonta be a felszínét. Több próbálkozás után is lecsúszunk róla, végül egymást tolvá-húzva sikerült átlendülni felette.



### Jégcsapfüggöny mögé rejtőzött barlang

A legnagyobb élmény az volt, amikor bemásztunk több méter magas jégcsapfüggöny mögé. Mintha egy koncertterembe kerültünk volna! Últunk, és hallgatóztunk. A jég a 10 fokos melegben gyorsan olvadt, apró jégcseppek magas hangon csilingelve értek földet.



### Jégcsapkoncert

Kövérebb vízcsepp komótosan toccsant az alatta keletkezett tócsába, a kis üreg felerősítette a mélyebb hangot. A mély és magas csepegések különböző irányból, különböző hangerővel adtak koncertet a jégbarlangban.



### Az erózió erővonalai

A barlang repedésein áttörő vízcseppek jégoszloppá dermedve, hegyes tuskékként meredeztek felénk. Hallani véltük az erózió recsegő hangját, ahogy a jég ereje feszíti, alakítja a sziklafalát.

# LÉGKÖR

66. évfolyam  
2021. 1. szám

Felelős szerkesztő:

**Dunkel Zoltán**

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

**Barcza Zoltán** Budapest

**Bartholy Judit** Budapest

**Bíróné Kircsi Andrea** Debrecen

**Bihari Zita** Budapest

**Gál Tamás** technikai szerkesztő Szeged

**Haszpra László** Budapest

**Hunkár Márta** Keszthely

**Kolláth Kornél** képszerkesztő Budapest

**Lakatos Mónika** fotógaléria Budapest

**Molnár Ágnes** Veszprém

**Péliné Németh Csilla** Budapest

**Sarkadi Noémi** kislexikon Pécs

**Sáhó Ágnes** olvasó szerkesztő Göd

**Somfalvi-Tóth Katalin** Kaposvár

**Szépszó Gabriella** Budapest

**Szintai Balázs** Budapest

**Tóth Róbert** főszerkesztő-helyettes Budapest

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

**Dr. Radics Kornélia**

az OMSZ elnöke

Készült:

**Premier Nyomda**

Budapest

**700 példányban**

Felelős vezető:

**Király Attila**

Évi előfizetési díja:

**3000.- Ft**

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu)

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT  
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG  
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

## TARTALOM

<b>CÍMLAPON: Olvadó jégcsap</b> (Szentirmai Péter felvétele).....	1
Cséfalvy Katalin: Évszakos fotógaléria: Jégcsaptúra a Szakadás-árokban – 2021. február 19.....	2
<b>Elhunyt Bozóki István</b> .....	4
<b>Elhunyt Schirokné Kriston Ilona</b> .....	4
<b>Szerzőink figyelmébe</b> .....	4

## TANULMÁNYOK

Szalai Viktor, Weidinger Tamás és Dezső József: <b>Párolgásbecslések hazai spárga- és szőlőültetvényeken</b> .....	5
Cséplő Anikó, Schmeller Gabriella, Czigány Szabolcs, Sarkadi Noémi, Pirkhoffer Ervin, Jeevan Kumar Bodaballa és Geresdi István: <b>Még nem nagykorú, de már adatbázis: Meteorológiai állomás a botanikus kert szélárnyékában</b> .....	11
Erdődiné Molnár Zsófia és Kovács Attila: <b>Sentinel-2 NDVI értékek táblaszintű vizsgálata különböző növénykultúrákban</b> .....	19
Sarkadi Noémi: <b>Kislexikon</b> .....	26
Tar Károly: <b>Az átlagos szélesebbég napi változásának statisztikai becslése</b> .....	27

## KRÓNIKA

Németh Ákos: <b>A Magyar Meteorológiai Társaság hírei</b> .....	33
<b>A 2021. évi Meteorológiai Világnap alkalmával kitüntetettek</b> .....	34
Bíróné Kircsi Andrea: <b>A 2020. év időjárása</b> .....	35
Szolnoki-Tótván Bernadett: <b>2020/2021 telének időjárása</b> .....	39
Baranka Györgyi: <b>Történelmi arcképek: Massány Ernő</b> .....	41
Kolláth Kornél, Lakatos Mónika: <b>Évszakos fotógaléria</b> .....	43

## LIST OF CONTENTS

<b>COVER PAGE: Melting Icicle</b> (Péter Szentirmai's photo) .....	1
Katalin Cséfalvy: <b>Best Pictures of the Seasons</b> <b>Icicle Tour in Trench 'Szakadék' – 19 February 2021</b> .....	2
<b>István Bozóki passed away</b> .....	4
<b>Ilona Schirokné-Kriston passed away</b> .....	4
<b>Instructions to authors of LÉGKÖR</b> .....	4

## STUDIES

Viktor Szalai, Tamás Weidinger and József Dezső: <b>Actual Evapotranspiration Estimates on Hungarian Asparagus Field and Vineyard</b> .....	5
Anikó Cséplő, Gabriella Schmeller, Szabolcs Czigány, Noémi Sarkadi, Ervin Pirkhoffer, Bodaballa Jeevan Kumar and István Geresdi: <b>Still Underage, But Already a Data Base: The Weather Station of University of Pécs in the Rainshadow of the Botanic Garden</b> .....	11
Zsófia Erdődi-Molnár and Attila Kovács: <b>Field-Level Study of Sentinel-2 NDVI Values in Different Crops</b> .....	19
Noémi Sarkadi: <b>Pocket Encyclopedia</b> .....	26
Károly Tar: <b>Statistical Estimation of Daily Change in Average Wind Speed</b> .....	27

## CHRONICLE

Ákos Németh: <b>News of Hungarian Meteorological Society</b> .....	33
<b>List of Honoured on World Meteorological Day in 2021</b> .....	34
Andrea Bíróné-Kircsi: <b>Weather of 2020</b> .....	35
Bernadett Szolnoki-Tótván: <b>Weather of Winter 2020/2021</b> .....	39
Györgyi Baranka: <b>Historical Portraits: Ernő Massány</b> .....	41
Mónika Lakatos and Kornél Kolláth: <b>Best Pictures of the Seasons</b> .....	43

## ELHUNYT BOZÓKI ISTVÁN

### ISTVÁN BOZÓKI PASSED AWAY



**Bozóki István** 1950. október 5-én született Vörösberényben. Általános iskolába Balatonfüreden járt. Középiskolai tanulmányait a veszprémi Lovassy László Gimnáziumban végezte. A Hódmezővásárhelyen töltött 11 hónapos katonai szolgálat után 1969-ben az ELTE matematika-fizika szakán kezdte meg egyetemi tanulmányait, ahol 1975-ben matematika tanári és meteorológus diplomát szerzett. Az egyetem befejezése után, 1975. szeptember elsején lépett be az Országos Meteorológiai Szolgálathoz, tudományos segédmunkatársként. Pályafutását az Általános Repülésmeteorológiai Osztályon kezdte, majd 1980-ban áthelyezték tudományos munkatársként az Analízis és Rövidtávú Prognózis Központba. Az OMSZ 1993-as átszervezését követően a Vállalkozási és Kereskedelmi Irodában több éven keresztül, tanácsosként, szerződéses keretben látta el feladatait. 2001-ben, mint vezető-főtanácsost a Repülés és Földfelszíni Közlekedés Meteorológia Osztályra sorolták be, majd áthelyezték a Média Kapcsolatok Osztályára. Egész pályafutása során a meteorológia alapfeladatával, az időjárás előrejelzésével foglalkozott, szinoptikus volt. 2002-ben a Média Kapcsolatok Osztályáról ismét áthelyezték a Repülésmeteorológiai Osztályra. A különböző áthelyezések és egység-elnevezés változtatások tevékenysége lényegét nem változtatták meg. Szorgalmasan, lelkiismeretesen és becsületesen teljesítette kötelességét, foglalkozott az előrejelzéssel, a nem mindig érthető és értékelhető változtatások közepette. Közszolgálati jogviszonya 2011. december 27-én szűnt meg. Nyugállományba vonulása nem jelentett elszakadást a Szolgálattól, Néhány év után elvállalta a portaszolgálatot a Kitaibel Pál utcai épületben, ahol egészen 2020 elejéig dolgozott. 2020. október 23-án az agrárminiszter több évtizedes, a rádió és írott sajtó meteorológiai kiszolgálásában nyújtott kiemelkedő munkásságának, szakmai munkájának elismeréseként Életfa Emlékplakett Bronz fokozata kitüntetésben részesítette. 2021. január 26-án hunyt el.

Kedves Pista nyugodj békében!

## ELHUNYT SCHIROKNÉ KRISTON ILONA

### ILONA SCHIROKNÉ-KRISTON PASSED AWAY



**Kriston Ilona** meteorológus Kemecsen született 1944. augusztus 12-én. Az érettségi után az ELTE matematika-fizika szakára nyert felvételt. 1967-ben a Természettudományi Karon kapott matematika-fizika középiskolai tanári és meteorológus diplomát. Az oklevél megszerzése után az akkori Országos Meteorológiai Intézet Előrejelző Osztályán helyezkedett el. 1968-ban az Időjárás Osztályra helyezték át. 1973-tól az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Meteorológiai Intézete Adatközpontjának lett a munkatársa. Később az Éghajlati Normatívák Csoportba kapott beosztást. Kutatói pályafutását 1974-től a Hidrometeorológiai Kutató Csoport tagjaként folytatta. 1977-ben adminisztratív feladattal bízták meg, átkerült a Személyzeti és Oktatási Osztályra. Fő feladata az intézeti továbbképzések szervezése volt. Koordinálta a Meteorológus IV. (technikusi minimum) és a Meteorológus III. (főtechnikus) tanfolyamokat. Utóbbi szervezése és lebonyolítása mellett aktívan közreműködött a résztvevők oktatásában is, ahol jól hasznosította matematika tanári képzettségét. Később átvette az osztály vezetését. 1991-ben visszatért a kutatáshoz. Éghajlati ügyekkel, elsősorban állomás-történettel foglalkozott 2005. júniusi nyugdíjba vonulásáig. 1980 és 2004 között a LÉGKÖR szerkesztőbizottságának volt a tagja, 1984-től a Kislexikon rovatot vezette. Budapesten hunyt el 2021. február 15-én.

Nyugodjék békében!

## SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárás események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárás 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](mailto:legkor@met.hu) címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraalíráásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, szívesen fogadunk *kiegészítésként* PDF-fájl is.

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

## PÁROLGÁSBECSLÉSEK HAZAI SPÁRGA- ÉS SZŐLŐÜLTETVÉNYEKEN

## ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES ON HUNGARIAN ASPARAGUS FIELD AND VINEYARD

Szalai Viktor<sup>1</sup>, Weidinger Tamás<sup>1</sup>, Dezső József<sup>2</sup><sup>1</sup>ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., <sup>2</sup>PTE Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6., viktor.szalai23@gmail.com, weidi@caesar.elte.hu, dezsoszi@gamma.ttk.pte.hu

**Összefoglalás.** A Diverfarming EU 2020 (No. 728003) projekt keretében a Pécsi Tudományegyetem hazai koordinálásával Jakabszálláson (spárgaföld – Nedel Market Kft.), Pécsen (Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet – PTE) és Villányban (Konkoly-dűlő, szőlőtábla – Gere Pincészet) folynak mezőgazdasági kísérletek és mikrometeorológiai mérések 2017 óta. A nemzetközi kutatás célja a talajgazdálkodás és a földművelés számára olyan agroökológiai eljárások kidolgozása, amelyek elősegítik a természetvédelmi céloknak megfelelő mezőgazdasági termelést. Ehhez nyújtanak segítséget a terepi meteorológiai mérésekre és standard meteorológiai adatokra támaszkodó potenciális és tényleges párolgásbecslések. A növényállományok potenciális evapotranspirációját vízigényként értelmezhetjük, ami kifejezi a növény optimális fejlődéséhez szükséges vízszükségletet. A havi potenciális és tényleges párolgás értékek különbsége megadja a párolgási hiány becslését, amit az öntözés-tervezésen kívül akár az aszály becsléséhez is felhasználhatnak az egyes mérőhelyeken.

**Abstract.** In Diverfarming EU 2020 (No. 728003) project agricultural and micrometeorological measurements have been running in Jakabszállás (asparagus field – Nedel Market Kft.), Pécs (Viticultural and Wine Research Institute – PTE) and Villány (Konkoly-dűlő, vineyard – Gere Winery) with coordination of University of Pécs from 2017. The aim of international research is to create an optimal agroecological model for farming and cultivation that helps agricultural production corresponding to environmental protection aims. For this purpose potential and actual evapotranspiration estimates are helpful and they are based on field measurements and standard meteorological data. Potential evapotranspiration of canopy (asparagus and grapes) can be interpreted as water requirements that express essential water needs for crop development. The difference between calculated monthly potential and actual evapotranspiration gives estimated values of evapotranspiration deficiency that the owners can apply for drought assessment and irrigation management for each measuring site in the future.

**Bevezetés.** A különböző növényállományok feletti nedvességszállítási folyamatok (a továbbiakban egyszerűen párolgás, vagy tényleges párolgás) meghatározása alapvető fontosságú az agrometeorológiában. Gondoljunk csak a talaj vízháztartására, amit egyfelől a talajtípus és a rajta lévő növényzet által befolyásolt párolgás, másfelől a csapadék, a lefolyás és a beszivárgás együttese ad meg. A párolgás meghatározására különböző bonyolultságú mérési és modellezési/számítási eljárások állnak rendelkezésre (Huzsvai et al., 2005; Ács et al., 2011; Anda et al., 2011). E módszerek közé sorolhatjuk az egyrétegű csöbör modellt, melynek alkalmazásához szükség van a potenciális evapotranspiráció becslésekre és különféle talajtani jellemzőkre (szabadföldi- és hervadásponthoz viszonyított vízkapacitás, aktuális vízkészlet, gyökérzóna vastagság – Ács et al., 2011). Elsődleges célunk, hogy a terepi mérések és a mintaterületekhez legközelebb eső szinoptikus mérőállomások adatai alapján meghatározzuk a fűfelszínre jellemző potenciális párolgás értékeket órás, napi és havi időskálákon. A fűfelszín potenciális párolgása vagy más néven a referencia evapotranspiráció az Élelmiségügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO) által megalkotott modellel (Allen et al., 1998), illetve a módosított Thornthwaite-módszerrel (Thornthwaite, 1948; McKenney és Rosenberg, 1993) is becsülhető. A referencia párolgás értékéből a vizsgált növénykultúra (esetünkben spárga és szőlő) potenciális párolgására (ET<sub>c</sub>) következ-

tethetünk az egyváltozós növény-konstansok segítségével (Allen et al., 1998; Anda et al., 2014). A potenciális és tényleges párolgás különbsége az adott időszakra vonatkozó párolgási hiányt jelenti. A párolgáshiányos időszakok, illetve a hiány mértéke az adott térség mikroklímájára jellemző, így az erre vonatkozó eredmények felhasználhatók például az öntözés megtervezésében. A lehullott havi csapadékmennyiség és a havi ET<sub>c</sub> közötti különbség a lokális vízháztartásról nyújt információt, a mikroklíma nedvességi viszonyairól tájékoztat. A csapadékmennyiség és az ET<sub>c</sub> összehasonlítását leginkább éghajlati skálán értelmezhetjük szárazsági indexek előállításával (PEDCI – Precipitation Evapotranspiration Difference Condition Index – csapadék és párolgás különbségi index – Tian et al., 2020).

**Anyag és módszer.** *A Diverfarming program.* Az Európai Bizottság által létrehozott Horizon 2020 program része a Diverfarming projekt, amelyben 25 tudományos intézet és mezőgazdasági vállalat vesz részt szerte Európában (a program hazai honlapja: <http://www.diverfarming.eu/index.php/hu/>). A résztvevő országok, többek között Spanyolország, Németország, Egyesült Királyság és Magyarország kutatói egyebek mellett mikrometeorológiai méréseket és talajtani vizsgálatokat végeznek a környezettudatos mezőgazdasági termelés fenntartása érdekében. A megfogalmazott célok között szerepel i) a kis környezeti

terheléssel járó talajművelési módszerek kialakítása, ii) a polikultúrás növénytermesztés lehetőségének vizsgálata, iii) az optimális vízfelhasználás, iv) az üvegházhatású gázok (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) kibocsátásának mérséklése, illetve v) a műtrágya használat csökkentése, optimalizálása. Hat különböző éghajlati adottságokkal rendelkező régió eredményeit értékelik a résztvevők (észak- és dél mediterrán, kontinentális, közép-atlanti, boreális és pannon térség). Magyarországon a Pécsi Tudományegyetem irányításával zajlanak a mérések és a kutatások.

**Hazai mérési helyszínek.** A magyarországi terepi méréseket három helyszínen végezzük. Az első mintaterület Jakabszálláson található, a Kiskunsági Nemzeti Park és Bugacpuszta szomszédságában elhelyezkedő spárgaföldön (Rezsek *et al.*, 2019), ami a Nedel Market Kft. tulajdonához tartozik (1. ábra). A második mérési helyszín Villány, azon belül is a Konkoly-dűlő (Dezső *et al.*, 2020), ahol a Gere Pincészethez tartozó szőlőállomány



1. ábra: A jakabszállási mérőállomás, háttérben a páfrány alakú spárganövényekkel

párolgását vizsgáltuk (2. ábra). Ezen kívül még Pécsen, a Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet telephelyén zajló meteorológiai mérések is a projekt részét képezik. Jelen tanulmányunkban az első két helyszínre, azaz Jakabszállásra és Villányra vonatkozó eredményeket ismertetjük. A párolgásbecslésekhez felhasználtuk a Jakabszálláshoz és Villányhoz légvonalban legközelebb eső OMSZ szinoptikus mérőállomások (Kecskemét és Pécs-Pogány) standard meteorológiai adatait is, a hiányzó mérések teljes vagy részleges helyettesítésére, illetve pótlására. A mérési adatok teljes helyettesítésére elsősorban Jakabszállás esetén volt szükség a vizsgált időszakban. A számításokhoz felhasznált meteorológiai állapotjelzők közé tartozik

a léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélsébség, felhőzet vagy napfénytartam és a csapadékmennyiség.

**A spárga főbb jellemzői.** A spárga egyszeri vetéssel akár több éven keresztül is termesztendő, ami az évelő növények sajátossága. Magyarországon április végére tehető a spárgasípok kelési ideje, ami a spárgaszüret kezdete is egyben. A szüreti időszak június elejéig/közepéig tart hazánkban (Barnóczky *et al.*, 2010). A sípok ezt követően jellegzetes páfrányokká növekednek, melyek az ősz végére elszáradnak. A spárga gyökeresedési mélysége 2–2,5 méter, azonban a gyökérzet túlnyomó többségét a talaj legfelső 20–26 cm-es rétegében találjuk (Balázs, 2004). A spárga tenyészidőszaka tehát április második fele és december eleje közti időszakra tehető, jellemzően a homok-vályog keverékből álló talajokon termesztendő.

**A Villányi szőlők.** Hazánk egyik legjelentősebb, nagy hagyományokkal rendelkező villányi borvidéke



2. ábra: A villányi szőlőültetvények mellett üzemeltetett mikrometeorológiai állomás

2100 hektár kiterjedésű. A szőlő tenyészidőszaka április eleje és október utolsó harmada közé esik Magyarországon (Mesterházy *et al.*, 2018). Villány kb. 250 méterrel fekszik a tengerszint felett. Ez hazánk legmelegebb, legnaposabb borvidéke. Mintaterületünket, a Konkoly-dűlőt helyenként 20%-os meredekségű lejtők jellemzik, melyek látványos képet adnak az itt lévő szőlőállományokról. A talajtakaró vályog és agyag keverékből áll. A szőlő gyökérrendszere jellemzően a felső 1–2 méteres talajmélységben található, csak ritkán fordul elő, hogy a gyökértörzstől számítva 3–4 méternél is nagyobb mélységig húzódik (Bényei *et al.*, 1999). A délies lejtők és a földrajzi fekvésből adódó jelentős napfénytartam, illetve az

agyagos talajok különösen kedveznek az itt folyó szőlő-termesztési munkáknak.

**Potenciális/Referencia párolgás meghatározása.** Általános értelemben a nedves talajú fűfelszín vízgőz fluxusát szokták potenciális párolgásnak nevezni. A referencia evapotranspiráció ( $ET_0$ ) fogalma pontosítja ezt a meghatározást, rögzíti a fűfelszín bizonyos karakterisztikáit, mint például a magasságát (0,12 m), albedóját (0,23) és felszíni ellenállását ( $70 \text{ sm}^{-1}$ ). Az általános érvényű havi potenciális párolgást (PET) a módosított Thornthwaite-módszerrel (Thornthwaite, 1948; McKenney és Rosenberg, 1993) számoltuk:

$$PET [\text{mmhónap}^{-1}] = 16 \left(\frac{L}{12}\right) \left(\frac{N}{30}\right) \left(\frac{10T}{I}\right)^a \quad (1)$$

ahol  $L$  a nappalok hosszának havi átlaga [óra],  $N$  az adott hónap napjainak száma,  $T$  havi átlaghőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $I$  évi hőindex [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $a$  pedig évi hőindexből függő paraméter.

A referencia párolgást napi skálán a Penman-Monteith közelítéssel alapuló FAO-56 módszerrel (Allen et al., 1998) becsültük:

$$ET_0 [\text{mmnap}^{-1}] = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)} \quad (2)$$

ahol  $R_n$  sugárzásegyenleg [ $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\text{nap}^{-1}$ ],  $G$  talajhőáram [ $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\text{nap}^{-1}$ ]  $T$  napi átlaghőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $u_2$  szélesség értéke 2 méteren [ $\text{ms}^{-1}$ ]  $e_s$ ,  $e_a$  napi átlagos telítési illetve aktuális gőznyomás [kPa],  $\gamma$  pszichrometrikus állandó [ $\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ],  $C_n = 900$  és  $C_d = 0,34$  dimenziótlan állandók,  $\Delta$  pedig a telítési gőznyomás és a hőmérséklet exponenciális kapcsolatát leíró görbe meredekségét fejezi ki [ $\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ], aminek értéke jó közelítéssel 0,02 és 0,35  $\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$  között változott számításaink során. A 2 méteres szintre vonatkozó szélességet a 10 méteren mért szélesség értékekből becsültük logaritmikus változást feltételezve. Megjegyzendő, hogy napi skálán a  $G$  talajhőáram értéke elhanyagolhatóan kicsi a sugárzásegyenleghez képest.

Órás adatok alapján a standardizált ASCE (American Society of Civil Engineers) Penman-Monteith  $ET_0$  módszerrel (Allen et al., 2005) határoztuk meg a referencia párolgást. Az alapegyenlet megegyezik (2)-vel, azonban a dimenziótlan állandók eltérő értékeket vesznek fel ( $C_n = 37$ ;  $C_d = 0,24$  a nappali és  $C_d = 0,96$  az éjszakai órákban). Az óras sugárzásegyenleg számítása eltér a napi módszertől, mert a szoláris időszög 30 percenkénti értékei alapján tudjuk meghatározni a Nap horizont feletti magasságát, vagyis a nappali, illetve éjszakai órákat. Ezen kívül a felhőzet sugárzásmódosító hatását kifejező felhőzeti függvény parametrizálása is korrekcióra szorul (Allen et al., 2005). A nappali órákban a talajhőáram értékét a sugárzásmérleg 0,1-szereseként, míg az éjszakai időszakban 0,5-szereseként vettük számításba.

**Tényleges párolgás becslése a növénykonstansok és a talajjellemzők figyelembevételével.** A spárga- és szőlő-

állományok tényleges párolgását ( $AET_{crop}$ ) a növénykonstansokkal korrigált egyrétegű csöbör modell felhasználásával számítottuk. A spárgára jellemző növénykonstans 0,3–1,1, míg szőlő esetén 0,3–0,7 között változott a fenológiai fázisoknak (kezdeti-, fejlődési-, érési és késői időszak) megfelelően (Allen et al., 1998; Pardo et al., 1996; Tam et al., 2005). Az egyes fázisok hosszát Allen et al. (1998) alapján állapítottuk meg, melyek között a növénykonstans lineáris változását tételeztük fel. Az egyrétegű csöbör modellben rendkívül nagy szerepe van a talajkarakterisztikáknak is ( $\theta$  aktuális talajnedvesség) és a vizsgált talajszelvény, vagy más néven aktív gyökérszóna vastagságának, hiszen a talaj vízmegtartó képessége (pórusainak mérete) döntően befolyásolja a felszíni párolgást. A talajnak ezek a tulajdonságai tükröződnek vissza a  $\theta_f$  szabadföldi és  $\theta_w$  hervadásponthoz tartó vízkapacitás értékekben (vályogos agyag:  $\theta_f = 387 \text{ mm/m}$  és  $\theta_w = 175 \text{ mm/m}$ ; homokos vályog:  $\theta_f = 274 \text{ mm/m}$  és  $\theta_w = 105 \text{ mm/m}$ ). A tényleges párolgás becslésére az alábbi módszert alkalmaztuk:

$$AET_{crop_i} [\text{mmnap}^{-1}] = \beta_{i-1} K_{c_i} ET_{0_i} \quad (3)$$

ahol  $AET_{crop_i}$  az állomány tényleges párolgása az  $i$ -edik napon,  $K_{c_i}$  a növénykonstans értéke az  $i$ -edik napon,  $ET_{0_i}$  az  $i$ -edik nap referencia párolgása és

$$\beta_{i-1} = \frac{\theta_{i-1} - \theta_w}{\theta_f - \theta_w} \quad (4)$$

paraméter a talajnedvességi karakterisztikák függvénye. Kezdeti feltételként (január 1.) a talajt telítettnek tekintettük, tehát az aktuális vízkészlet a szabadföldi vízkapacitás értékével egyezett meg. A következő időpontokban (napokban) pedig a lehullott csapadékmennyiség és a számított tényleges párolgás különbsége jelentette a talajnedvesség tartalom változását (csöbör közelítés). A FAO irányelve szerint a gyökérszóna maximális vastagsága szőlő esetén 1–2 méter, míg spárgánál 1,2–1,8 méter (Allen et al., 1998). A párolgás becslések során ezért mindkét növénykultúrára átlagos mélységet, 1,5 méter vastagságú zónát tételeztünk fel, ami a vízkapacitás értékekben mutatkozott meg.

**Eredmények és értékelésük. Havi referencia és potenciális párolgási adatsorok összehasonlító elemzése.** Elsőként tekintünk a Jakabszállásra vonatkozó referencia párolgási eredményeinket 2017. január és 2020. március közti időszakban! A legnagyobb havi  $ET_0$  értékek 2017 nyarán fordultak elő 170 mm-es júniusi maximum mellett. Az eredmények azt mutatják, hogy a január–februári időszakban évről évre növekszik az  $ET_0$  értéke, ez a tendencia pedig 2020-ban is folytatódott. A 2017. első két hónapjában tapasztalt 22 mm-es referencia párolgás 2020-ra 53 mm-re emelkedett, vagyis több, mint a kétszeresére nőtt. Ez egyértelműen kapcsolatba hozható a január–februári időszak átlaghőmérsékletének emelkedésével, hiszen 2017-ben ez  $-1,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2020-ban pedig  $+2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  volt. Ez 3 éves időszakban is jól mutatja éghajlunk változékonyságát. Az évi átlagos  $ET_0$  966 mm-nek

adódott a FAO-56 módszer szerint, míg a módosított Thornthwaite-módszerrel számítva átlagosan 23%-kal kisebb ez az érték. Ennél nagyobb alulbecslések tipikusan a téli évszakban jelentkeztek, a nyári hónapokban viszont átlagosan 11% volt a különbség a két módszer között. Megjegyezzük, hogy a téli hónapokban kis párolgási értékek jellemzők. Spárgaállomány esetén a referencia párolgásból számított átlagos potenciális párolgás a tenyészidőszak során (április 21.– december 5.) 575 mm

**Tényleges párolgás eredmények kombinált talaj-növénymodell alkalmazásával. Spárga állomány.** A spárga jellegzetes növényfejlődési fázisai miatt a potenciális párolgáshoz hasonlóan a tényleges párolgást is a tenyészidőszakra vonatkozóan ismertetjük. A spárga állományra kapott potenciális és tényleges párolgás eredményeinket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Jakabszálláson az április 21.-december 5-ig tartó te-

1. táblázat: A jakabszállási spárgaültetvények potenciális és tényleges párolgása [mm] a tenyészidőszak hónapjaiban (2017–2019, április 21.– december 5.)

Év	Hó	ET <sub>c</sub>	AET <sub>c</sub>	Év	Hó	ET <sub>c</sub>	AET <sub>c</sub>	Év	Hó	ET <sub>c</sub>	AET <sub>c</sub>
		[mm]	[mm]			[mm]	[mm]			[mm]	[mm]
2017	április	10	10	2018	április	14	13	2019	április	11	10
2017	május	39	38	2018	május	45	40	2019	május	30	29
2017	június	78	72	2018	június	58	56	2019	június	71	68
2017	július	154	130	2018	július	140	111	2019	július	146	105
2017	augusztus	161	102	2018	augusztus	155	88	2019	augusztus	159	80
2017	szeptember	88	46	2018	szeptember	93	46	2019	szeptember	90	40
2017	október	46	29	2018	október	53	21	2019	október	45	20
2017	november	12	8	2018	november	14	6	2019	november	11	7
2017	december	0,4	0,4	2018	december	0,6	0,3	2019	december	0,3	0,2
Összeg		589	436	Összeg		573	381	Összeg		564	358

volt, 155–161 mm közötti augusztusi maximum értékekkel.

Villányban kisebb referencia párolgást állapítottunk meg, az évi átlag itt 871 mm. A legnagyobb havi ET<sub>0</sub> 2017. júliusában fordult elő 163 mm-rel. A január–februári időszakok referencia párolgása itt is kétszeresére nőtt (2017: 10 mm; 2020: 20 mm), az első két hónap átlaghőmérséklete pedig megközelítőleg 4 °C-kal volt magasabb 2020-ban (4,1 °C), mint 2017-ben (0,5 °C). Megállapítható tehát, hogy nagy az évek közötti változékonyság. A Thornthwaite-módszerrel becsülve itt átlagosan 13%-kal kisebb az évi PET nagysága, mint a referencia párolgás. Előfordultak olyan hónapok is (tipikusan a november), amikor felülbecslést tapasztaltunk (2019. november: 14 mm, FAO-56 és 23 mm, Thornthwaite), de ezek kis abszolút értékek már összfel. Általánosságban a téli és tavaszi hónapokban tapasztaltuk az átlagnál nagyobb százalékos eltéréseket a két módszer között (alacsony havi párolgási értékek). Ami a szőlőállomány tenyészidőszakára (április 1.– október 28.) vonatkozó potenciális párolgást illeti, a referencia párolgás alapján az átlagos ET<sub>c</sub> 428 mm volt Villányban, a maximumok pedig júliusban fordultak elő (89–114 mm).

**Referencia párolgás órás és napi adatok alapján.** Jakabszállás esetén órás meteorológiai adatokból (ASCE-PM módszer) meghatároztuk az óránkénti referencia párolgást is, majd ezeket összegezve havi illetve évi ET<sub>0</sub> becsléseket végeztünk. Az így kapott évi ET<sub>0</sub> eredmények átlagosan 6%-kal haladták meg a napi adatokra épülő ET<sub>0</sub> becsléseket. Az évi átlagos ASCE-PM ET<sub>0</sub> 1031 mm.

nyészidőszakban a spárga átlagos tényleges párolgása 392 mm, 2017–2019 között pedig csökkenő tendenciát figyeltünk meg a párolgás értékekben. Becsléseink szerint 2017-ben 436 mm, 2018-ban 381 mm, 2019-ben pedig már csupán 358 mm volt AET<sub>c</sub> értéke a spárga tenyészidőszakában. Ez kapcsolatba hozható a lehullott csapadékmennyiséggel, bár annak csökkenése nem mutatható ki egyértelműen (2017: 414 mm, 2018: 368 mm, 2019: 424 mm). A 2019. évi legkisebb tényleges párolgás azzal magyarázható, hogy április 21-től november 1-ig csak 339 mm csapadék hullott, ezen belül a július–augusztusi időszak különösen száraz volt az előző évekhez képest (2017: 100 mm; 2018: 103 mm; 2019: 55 mm). Bár november 1-től a tenyészidőszak végéig több, mint 80 mm csapadék hullott, az alacsonyabb hőmérsékleteknek köszönhetően az ültetvények potenciális párolgása, és ezáltal a tényleges párolgás ekkor már nem olyan intenzív, mint az azt megelőző hónapokban.

Megemlítendő, hogy a Thornthwaite-módszer havi PET értékeiből napi PET is származtatható (hónap napjainak számával való osztás után), amiből napi AET<sub>c</sub> becsléseket végeztünk (3) egyenlet alapján. A Thornthwaite-féle tényleges párolgásbecslések közel állnak a FAO-56 referencia párolgásból származó AET<sub>c</sub> eredményekhez, az átlagos alulbecslés csupán 8%. Ez arra enged következtetni, hogy a referencia párolgásnál tapasztalt több, mint 20%-os átlagos alulbecslés ellenére a növényállomány tényleges párolgását elfogadható pontossággal tudjuk becsülni a módosított Thornthwaite-módszerrel is. A spárgaállomány potenciális és tényleges párolgásának különbségével definiált párolgási hiány átlagos értéke 184 mm/tenyészidőszak (mm/t) volt Jakabszálláson (maximum 2019: 206 mm/t). A legnagyobb párolgási hiányt

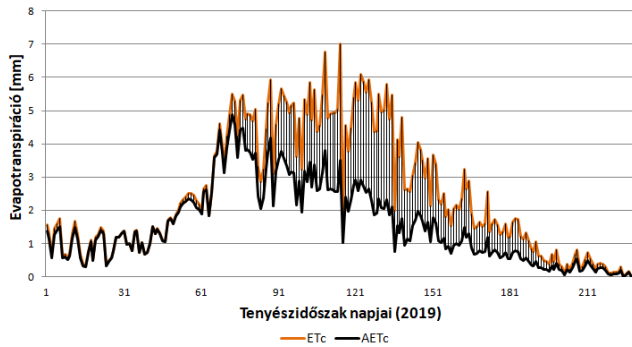


minden évben az augusztus–szeptemberi időszakban figyeltük meg, 102–130 mm közötti értékekkel (augusztus: 59–79 mm; szeptember: 42–51 mm). A 3. ábrán grafikonon ábrázoltuk a 2019. évi tenyészidőszak napjain becslült potenciális és tényleges párolgás értékeit, ekkor volt a legnagyobb a párolgási hiány, amit szürke színű satírozott vonalak érzékeltetnek.

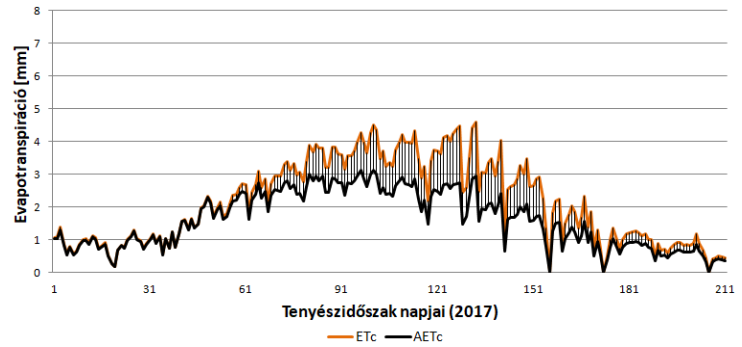
**Szőlőállomány.** A villányi szőlőültetvények területén végzett vizsgálataink szerint az állomány átlagos tényle-

kétszeres a különbség az előző évekhez képest (2017 és 2018: 223 és 224 mm; 2019: 462 mm). Megjegyezzük, hogy a 2019. évi csapadékmennyiséget a pécs-pogányi meteorológiai állomás adataival helyettesítettük. Az átlaghőmérséklet a 2017. évi alacsonyabb értékhez állt közelebb (18,1 °C/tenyészidőszak).

Szőlőállomány esetén a Thornthwaite-féle tényleges párolgás becslése átlagosan 5%-kal kisebb, mint a FAO-56 referencia párolgásból származó értékek. Ez az eredmény



3. ábra: Spárga állomány napi  $ET_c$  (narancs) és  $AET_c$  (fekete) értékei a 2019. évi tenyészidőszakban (Jakabszállás, április 21.–december 5.)



4. ábra: Szőlő állomány napi  $ET_c$  (narancs) és  $AET_c$  (fekete) értékei a 2017. évi tenyészidőszakban (Villány, április 1.–október 28.)

2. táblázat: A villányi szőlőállomány potenciális és tényleges párolgása [mm] a tenyészidőszak hónapjaiban (2017–2019, április 1.–október 28.)

Év	Hó	$ET_c$ [mm]	$AET_c$ [mm]	Év	Hó	$ET_c$ [mm]	$AET_c$ [mm]	Év	Hó	$ET_c$ [mm]	$AET_c$ [mm]
2017	április	26	25	2018	április	32	31	2019	április	25	24
2017	május	51	49	2018	május	55	50	2019	május	34	33
2017	június	95	76	2018	június	75	68	2019	június	89	85
2017	július	114	80	2018	július	99	86	2019	július	89	83
2017	augusztus	101	63	2018	augusztus	92	72	2019	augusztus	94	87
2017	szeptember	40	28	2018	szeptember	51	43	2019	szeptember	51	42
2017	október	21	16	2018	október	25	21	2019	október	25	23
Összeg		448	337	Összeg		429	371	Összeg		407	377

ges párolgása az április 1.–október 28. közé eső tenyészidőszakban 362 mm/t. A villányi potenciális és tényleges párolgásbecsléseink a 2. táblázatban láthatók.

A jakabszállási eredményekkel ellentétben Villányban növekedett a tényleges párolgás értéke 2017 és 2019 között (2017: 337 mm/t; 2018: 371 mm/t; 2019: 377 mm/t). A 2018. évi növekedés oka viszont nem a csapadékmennyiség változása, hanem az átlaghőmérséklet emelkedése volt. 2018-ban ugyanis a tenyészidőszakban 26 mm-rel kevesebb csapadék hullott, mint 2017-ben (344 mm/t → 318 mm/t), az átlaghőmérséklet viszont 18,4 °C-ról 19,5 °C-ra változott az időszak során, ami kedvező hatással volt a párolgásra (itt is jól látszik az évek közötti változékonyság). Ezzel szemben a 2019-ben tapasztalt legnagyobb tényleges párolgás egyértelműen a megnövekedett csapadékmennyiségnek köszönhető (546 mm/t), az április–augusztusi időszakban több mint

megerősíti a korábbi következtetésünket, azaz a módosított Thornthwaite-féle  $AET_c$  csupán néhány százalékkal tér el a referencia módszer  $AET_c$  becslésétől. A villányi szőlőállomány párolgási hiányának átlagos értékét 66 mm/t-re becsültük. A legnagyobb párolgási hiány 2017-ben fordult elő, ekkor több mint 111 mm víz hiányzott a talajból a szőlő vízigénye szempontjából. A 2019. évi megnövekedett csapadékmennyiségnek köszönhetően ez az érték 29 mm-re csökkent, ami a legkisebb a 2017–2019 közti időszakban. A 2017-es napi  $ET_c$  ill.  $AET_c$  értékeket láthatjuk a 4. ábrán, ahol a párolgási hiányt Jakabszálláshoz hasonlóan szürke vonalak szemléltetik.

**Érzékenységi vizsgálatok – talajréteg (gyökérzóna) vastagság változása. Spárga állomány.** Az egyrétegű csöbör modellben alapvetően 1 méter a gyökérzóna vas-

tagsága. Megvizsgáltuk, hogy mennyivel kisebb az állomány párolgása, ha az általunk használt 1,5 méter helyett ezzel a rétegvastagsággal számolunk. Spárga esetén átlagosan 10%-os eltérést figyeltünk meg a tenyészidőszakra vonatkoztatott évi párolgás értékekben.

**Szőlőállomány.** A villányi szőlőültetvényeknél átlagosan 5%-kal volt kisebb az évi párolgás 1 m-es gyökérszóna mélység esetén. A legnagyobb különbséget 2017-ben tapasztaltuk 8,3%-os eltéréssel. Ez azt mutatja, hogy a szőlőállományok kevésbé érzékenyek a gyökérszóna megválasztására. Ennek oka vélhetően az agyagos talaj, mely nagyobb szabadföldi vízkapacitással (vízmegetartó képességgel) rendelkezik, mint a homoktartalmú felszín.

**Következtetések.** Vizsgálataink során párolgás becsléseket készítettünk a jakabszállási spárgaföld és a villányi szőlőállomány területére. Mind a potenciális párolgás, mind a párolgási hiány tekintetében Jakabszálláson figyeltük meg a nagyobb értékeket, a tenyészidőszakra számított átlagos tényleges párolgásban viszont csupán 30 mm különbséget tapasztaltunk a két helyszín között (a nagy távolság, az eltérő hosszúságú tenyészidőszak és a különböző növényzet ellenére). A tenyészidőszak hónapjaira kapott párolgás becsléseink segítségül szolgálhatnak az öntözővíz gazdaságos és tudatos használatához, az évek közötti változékonyság azonban ezt megnehezítheti. A párolgáshiány értékek éghajlati idősorba illesztése lehetővé teszi a lokális szárazság vizsgálatokat, illetve a térség mikroklimájának tanulmányozását. A gazdasági döntésekhez azonban naprakész információk kellenek, amit a helyi meteorológiai és talajnedvesség mérések adhatnak meg legpontosabban.

### Köszönetnyilvánítás

A Szerzők köszönetet mondanak a Diverfarming EU 2020 (No. 728003) projekt támogatásáért. Szintén köszönettel tartozunk Ács Ferencnek (ELTE Meteorológiai Tanszék) a hasznos konzultációkért.

### Irodalom

Ács, F., Breuer, H., Szász, G., 2011. Estimation of actual evapotranspiration and soil water content in the growing season. *Agrokémia és Talajtan*, 1st online edition, selected and revised English versions of Hungarian *Agrokémia és Talajtan* 60, Supplementum 57–74.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper* N° 56. ISBN 92-5-104219-5

Allen, R. G., Walter, I. A., Elliott, R. L., Howell, T. A., Idenfisu, D., Jensen, M. E., Snyder, R. L., 2005: The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.. Publication #199130, pp. 59

Anda, A., Kocsis, T., Kovács, A., Tókei, L. és Varga, Z., 2011. Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek.

*Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár, <http://mezogazdakiado.hu/>, ISBN 978-963-286-598-0

Anda, A., Soós, G., 2014. A nád (*Phragmites Australis*) párolgása a Balaton környékén. *Léggör* 59, 145–149.

Balázs, S., 2004. Zöldségtermesztők kézikönyve. *Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár. ISBN 963 8439 37 8

Barnóczki, A., Csontos, Gy., Deme, P., Fehér, B., Glits, M., Gólya, E., Gyúró, J., Hájos, M., Hodossi, S., Hraskó, I., Inczedy, P., Kapitány, J., Kovács, A., Nagy, Gy., Nagy, J., Némethy, Z., Ombódi, A., Péntes, B., Slezák, K., Terbe, I., Tóthné-Taskovics, Zs., Zatykó, F., 2010. Zöldségtermesztés szabadföldön. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, pp 309 ISBN 963 286 166 3

Bényei, F., Lőrincz, A., Szendrődy, Gy., Sz. Nagy, L., Zánthy, G., 1999. Szőlőtermesztés. *Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár. <http://mezogazdakiado.hu/>, ISBN 978-963-286-446-4

Dezső, J., Lóczy, D., Rezek, M., Hüppi, R., Werner, J., Horváth, L., 2020. Crop growth, carbon sequestration and soil erosion in an organic vineyard of the Villány Wine District, Southwest Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 69, 281–298. doi: 10.15201/hungeobull.69.3.4

Huzsvai, L., Rajkai, K., Szász, G., 2005: Az agroökológia modellezéstechnikája. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Digitális Tankönyvtár*. <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/agrookologia/index.html>

McKenney, M. S., Rosenberg, N. J., 1993. Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 64, 81–110. doi.org/10.1016/0168-1923(93)90095-Y

Mesterházy, I., Mészáros, R., Pongrácz, R., Bodor, P., Ladányi, M., 2018. The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – an application to grapevine grown in Hungary. *Időjárás* 122, 217–235. doi: 10.28974/idojaras.2018.3.1

Pardo, A., Arbizou, J., Suso, M. L., 1996. Evapotranspiration and crop coefficients in white asparagus. *Acta Horticulturae* 449, 187–192. doi: 10.17660/ActaHortic.1997.449.25

Rezek, M., Dezső, J., Lóczy, D., Tarjányi, F., Zornoza, R., 2019. Crop Diversification for Asparagus in the Pannonian Pedoclimatic Region: Opportunities and Constraints. *Agricultural Research and Technology* (Short Communication) 23(1). doi: 10.19080/ARTOAJ.2019.23.556221

Tam, S., Nyvall, T. J., Brown, L., 2005. B.C. Irrigation Management Guide. Irrigation Industry Association of British Columbia, Prepared by B.C. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries Resource Management Branch, Edited by Ted W. van der Gulik. Published by Irrigation Industry Association of British Columbia. pp. 52. ISBN 0-7726-5382-8

Thornthwaite, C. W., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*. 38, 55–94. doi: 10.2307/210739

Tian, L., Leason, Z. T., Quiring, S. M., 2020. Developing a hybrid drought index: Precipitation Evapotranspiration Difference Condition Index. *Climate Risk Management* 29, 100238. doi: 10.1016/j.crm.2020.100238 [www.x-mol.com/paperRedirect/1286788089837699072](http://www.x-mol.com/paperRedirect/1286788089837699072)

## MÉG NEM NAGYKORÚ, DE MÁR ADATBÁZIS: METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS A BOTANIKUS KERT SZÉLÁRNYÉKÁBAN

STILL UNDERAGE, BUT ALREADY A DATA BASE: THE WEATHER STATION OF  
THE UNIVERSITY OF PÉCS IN THE WIND SHADOW OF THE BOTANIC GARDEN

Cséplő Anikó, Schmeller Gabriella\*, Czigány Szabolcs, Sarkadi Noémi,  
Pirkhoffer Ervin, Jeevan Kumar Bodaballa, Geresdi István

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.  
acseplo@gamma.ttk.pte.hu, sczigany@gamma.ttk.pte.hu, schg@gamma.ttk.pte.hu\*, sarkadin@gamma.ttk.pte.hu, jeevan@gamma.ttk.pte.hu, geresdi@gamma.ttk.pte.hu. \*Levelező szerző

**Összefoglalás.** A Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar - Bölcsészettudományi Kar (TTK-BTK) campus (Pécs, Ifjúság u. 6.) területén elhelyezett meteorológiai mérőállomás 2008 novemberében került telepítésre. Az állomás telepítésének 12. évfordulójára szeretnénk megemlékezni jelen cikkünkkel. Vizsgálatunk során fő célunk az egyetemi és a pogányi repülőtéren található meteorológiai állomásokon mért adatok összehasonlítása volt a 2009–2019 közötti időszakra. Elemzésünk során léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélesebesség, szélirány és napi csapadékösszeg adatokat hasonlítottunk össze a két állomásra vonatkozóan. Eredményeink alapján az egyetemi napi átlaghőmérséklet értékek átlagosan 0,7 °C-kal voltak magasabbak a pogányi adatoknál. A pogányi állomáson mért átlagos relatív nedvesség értékek azonban átlagosan 5,1%-kal magasabbak voltak, mint az egyetemi mérőállomáson megfigyelték, amely részben az átlaghőmérsékletben tapasztalt eltéréssel magyarázható. A vizsgálati időszakban mért átlagos évi csapadékösszegek alig különböztek a két állomás esetében (egyetem: 646,7, pogány 657,2 mm), azonban a pogányi állomás esetében a nagy csapadékok gyakrabban fordultak elő, mint az egyetemi állomáson. A havi átlagos szélesebességek eloszlását tekintve a magasabb (3 ms<sup>-1</sup> feletti) szélesebességek gyakoribbak voltak a pogányi mérőállomáson, ami főként a domborzati eltérésekkel magyarázható. Az átlagos szélirányok eltéréseiben jelentős különbséget nem tapasztaltunk, mindkét állomáson az ÉNy-i és É-i szélirány dominált (egyetemi állomás: 326–359°, pogányi állomás: 337–357° közötti évi átlagos szélirány). Az egyetemi állomáson az átlagos szélesebesség maximuma április–június hónapokban, míg a pogányi állomáson decembertől ápriliséig volt megfigyelhető.

**Abstract.** The joined campus of the Faculties of Humanities and Sciences at the University of Pécs (UP) in the Ifjúság Street campus has been hosting a Vaisala MILOS 500 weather station since November 2008. The station is part of the national weather monitoring network of Hungarian Meteorological Service. Hereby, by publishing the present paper, we honor the 12<sup>th</sup> anniversary of the beginning of the measurements. The main scientific objective of the current article is the comparison of the measured meteorological datasets of UP and the Pogány Weather Station (PWS, at a distance of 10 km south of UP) for the period of 2009 to 2019. We analysed the correlation between the two stations for air temperature, relative humidity, rainfall, wind speed and wind direction. Our finding revealed that mean daily temperatures were on average 0.7 °C higher at UP than at PWS over the studied period. In contrast relative humidity was 5.1% higher at PWS than at UP, which is partly explained by the higher air temperatures observed at UP. Mean annual rainfall totals hardly differed for the studied period (UP: 646.7 mm, PWS: 657.2 mm), however, extreme rainfalls were more frequently detected at PWS than at UP. Mean monthly wind velocities exceeding 3 ms<sup>-1</sup> were more common at PWS than at UP, which is mainly explained by the topographical differences between the two stations. The timing of the highest wind speeds slightly differed between the two stations. The highest wind velocities were observed between April and June at UP, and between December and April at PWS. No significant differences were observed in terms of average wind directions between the two stations (UP: 326–359°, PWS: 337–357° annual average wind directions).

**Bevezetés.** A múltbeli hosszú távú adatsorok trendjének ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy információt gyűjtsünk a jövőbeli éghajlatváltozás trendjének lehetséges alakulásáról. A vizsgálati terület (Mecsek-hegység, Baranyai-dombság) éghajlatáról sajnos csak viszonylag régi irodalmi források állnak rendelkezésre (Bacsó, 1948, 1952, 1959, Bacsó et al. 1953, Hajósy, 1952, Horvát, 1942, Kakas, 1967, Kéri, 1952, Lovász, 1977, Réthly, 1937). Több tanulmány a mediterrán ciklonok gyakoriságának növekedését, az átlaghőmérséklet és az ariditás értékének emelkedését, valamint az évi csapadékösszegek csökkenését jelezte előre (VAHAVA projekt: Faragó et al., 2010, Gulácsi, 2017). Az éghajlat változása hatással van többek között a ködös események gyakoriságára és időtartamára (Cséplő et al. 2019) és ezen keresztül a csapadékkémiai folyamatok dinamikájára is (Schmeller és Sarkadi, 2018).

Pécs város csapadékösszegei az 1951–2005 időszakban csökkenő trendet mutattak (Bötkös, 2006). A pécsi és po-

gányi adatok alapján az 1901–2015 közötti időszakban nőtt az ariditási index értéke és a 20 mm feletti napi csapadékösszegek száma, illetve a szélsőséges csapadékjárási évek gyakorisága is (Nagy et al., 2016).

A 2003–2010-es időszakban bekövetkezett villámárvizek kialakulásának meteorológiai hátterét elemezte Horváth et al. (2012), melyben kitér a Dél-Dunántúli régióra is. A talajnedvesség térbeli eloszlása hatással van az extrém csapadékesemények térbeli eloszlására és villámárvízi veszélyeztetettségre a Dél-Dunántúl dombsági és középhegységi területein (Czigány et al. 2010a, 2010b, Pirkhoffer et al. 2009). Pécsi városi vízgyűjtők vizsgálata alapján a csapadékinzintitás a felszínhasználati paraméterek mellett függvényeszerű összefüggésben van a villámárvizek időbeli lefolyásával (Domján et al. 2016). A Mecsekben található kisvízgyűjtők hidrometeorológiai megfigyelése alapján Hegedüs (2014) és Hegedüs et al. (2015) pontosította egyes csapadék-lefolyás modellek megbízhatóságát.



1. ábra: Az egyetemi (a) és a pogányi állomás (b) földrajzi elhelyezkedése műholdképen

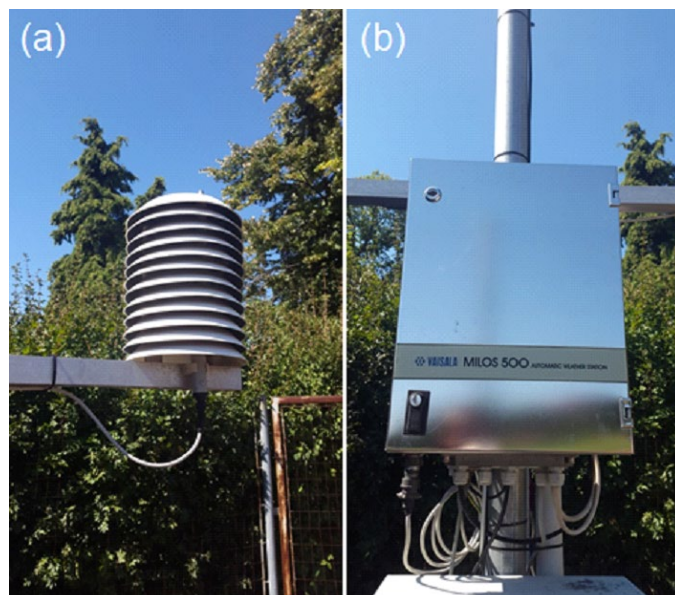


2. ábra: Az egyetemi meteorológiai mérőállomás talajfelszínen elhelyezett eszközei (központi egység)

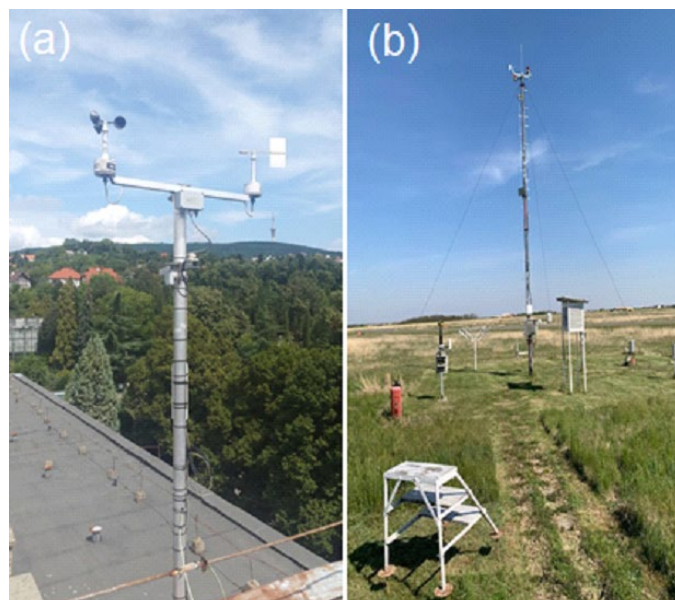
Jelen cikkünkben bemutatjuk vizsgálatunk fő irányvonalát, a vizsgálat során felhasznált adatokat, alkalmazott módszereket, valamint az elemzés során kapott eredményeket. Specifikus célunk volt az Egyetemen és a pogányi repülőtéren található meteorológiai állomásokon mért napi adatok összehasonlítása. Megvizsgáltuk, valamint feltártuk a két állomás napi átlagos léghőmérséklet és relatív nedvesség, szélesség és szélirány, illetve csapadék adatait, valamint azok korrelációját 11 év vonatkozásában.

**A mérési helyszínek.** A Pécs Ifjúság u. 6. campus-on (a továbbiakban: egyetemi állomás) található állomás koordinátái  $46^{\circ}4'40''$  É,  $18^{\circ}12'23''$  K, a pogányi mérőállomás koordinátái pedig  $45^{\circ}59'42''$  É,  $18^{\circ}14'5''$  K. Az egyetemi állomás 174 m tszf. magasságban a Mecsek déli lejtőjén, míg a pogányi állomás 198 m tszf. magasságban, plató helyzetben, a Baranyai-dombság területén található (1. ábra). Mindkét állomás eszközparkjában az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által kalibrált eszközök mérik és szolgáltatják az adatokat. Az egyetemi állomás központi egysége (2. ábra) az atlétika pálya nyugati szomszédságában található, itt kerültek elhelyezésre a lég- és talajhőmérséklet, a levél- és légnedvesség, a légnyomás- és csapadékmérő eszközök. A szélmérő műszerek kiegészítve a globálsugárzás mérővel a „D” épület tetején, kb. 188 m tszf. magasságban (a földfelszíntől számítva kb. 24 m magasságban) helyezkednek el, míg az égbé kamera az „E” épület tetején kapott helyet (1a. ábra).

A pogányi repülőtéren (Pogány, Repülőtér 08/9 HRSZ) található Pécsi Meteorológiai Állomás 1969.03.03. napján kezdte meg működését ([www.airportpecs.hu](http://www.airportpecs.hu)). A két



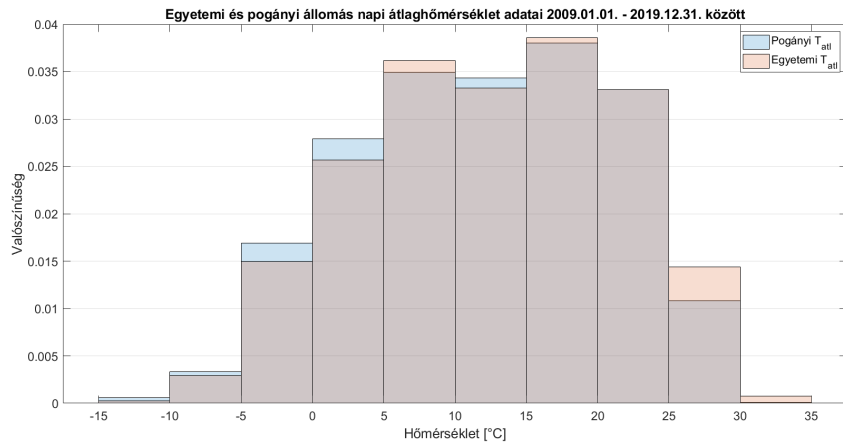
3. ábra: A léghőmérséklet és relatív nedvességtartalom mérését (a) és az adatgyűjtést szolgáló eszközök (b) az egyetemi állomáson



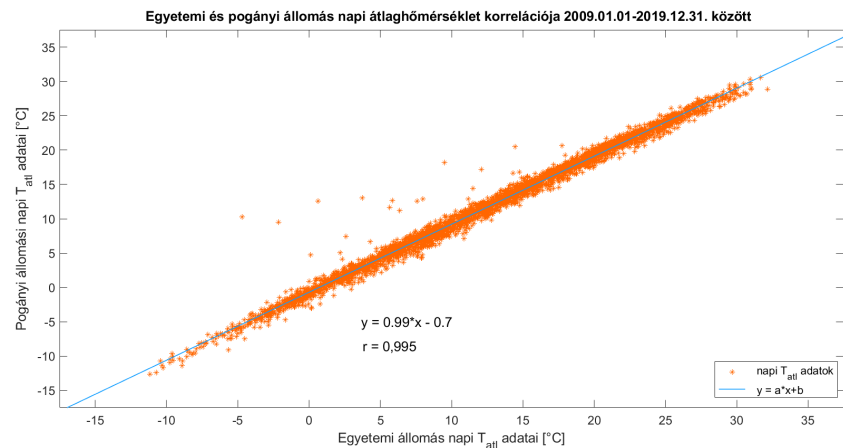
4. ábra: Szélesség- és széliránymérő az egyetemi (a) és a pogányi állomáson (b)

mérőállomás mintegy 9,5 km távolságban helyezkedik el egymástól. A pogányi meteorológiai állomás egy áthelyezést követően a reptér ÉNy-i részén egy kijelölt területen került elhelyezésre (1b. ábra).

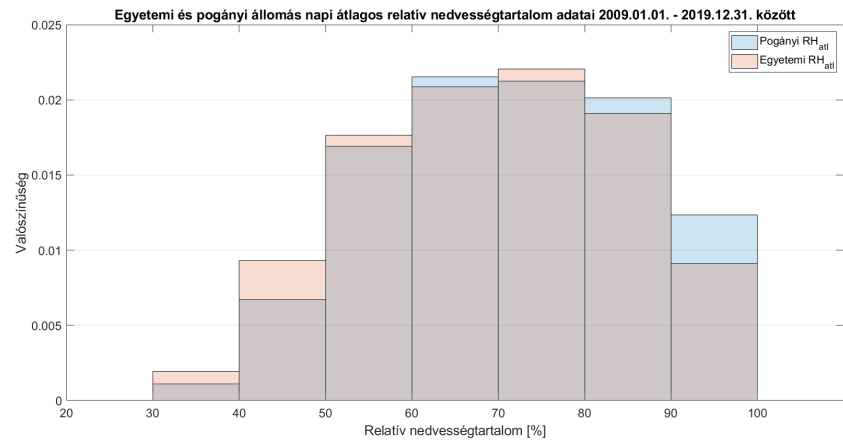
**Adatgyűjtés és módszerek.** A vizsgálathoz szükséges 2 méteren mért léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélesség, szélirány és napi csapadékösszeg adatokat a pogányi állomásról az OMSZ bocsátotta rendelkezésünkre, az egyetemi adatokat a PTE TTK meteorológiai állomás honlapjáról ([www.joido.ttk.pte.hu](http://www.joido.ttk.pte.hu)), az 1901–2010 közötti évi átlaghőmérsékleti adatokat Pécsre vonatkozóan pedig az OMSZ honlapjáról ([www.met.hu](http://www.met.hu)) töltöttük le. A szélre vonatkozó adatok kivételével az adatok összehasonlítását a 2009. január 1. – 2019. december 31. közötti időszakra végeztük el. A szélesség adatokat 2016. január 1. – 2019. december 31. közötti időszakra



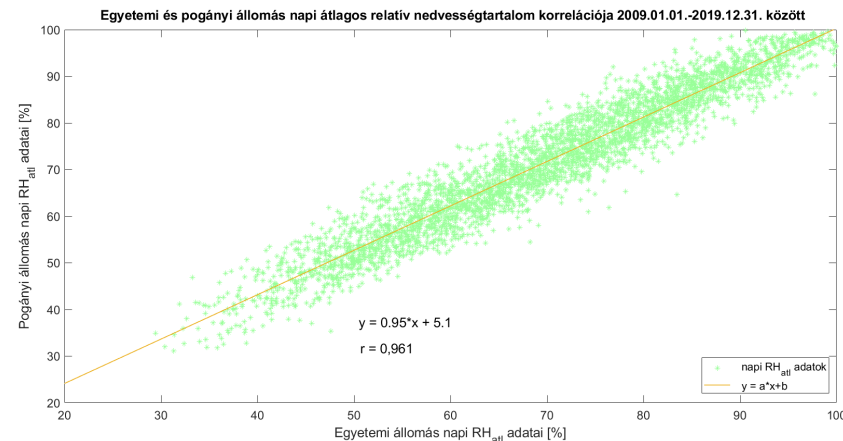
5. ábra: Az egyetemi és a pogányi napi átlaghőmérséklet adatok eloszlása



6. ábra: Az egyetemi és a pogányi napi átlaghőmérséklet értékek közti korreláció.



7. ábra: Az egyetemi és a pogányi napi átlagos relatív nedvesség adatok eloszlása.



8. ábra: Az egyetemi és a pogányi napi átlagos relatív nedvesség közti korreláció

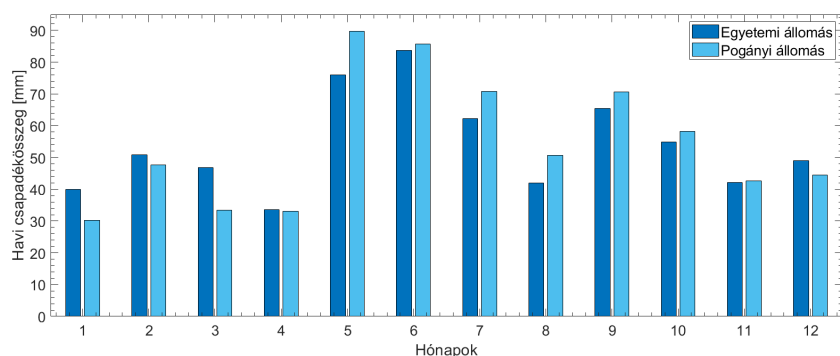
elemztük, amelynek oka az egyetemi mérőműszerek áthelyezése miatt az adatsorban bekövetkező változás volt. A pogányi adatok esetében 1 órás adatok álltak rendelkezésünkre, kivéve a csapadék adatokat, amelyek napi csapadékösszegeket jelentettek. Az egyetemi állomás mérőeszközei 1 perces felbontással tárolják az adatokat. Az órás, illetve perces felbontású adatokat mindkét állomás esetében összesítettük napi átlagokká, illetve a szélesség, a szélirány és a csapadék esetében havi átlagokat és havi csapadékösszegeket is képeztünk. Mindkét állomáson Vaisala HMP45D típusú (Vaisala Oy, Vantaa, Finnország) léghőmérséklet és relatív nedvesség szenzor működik, az eszköz a talajfelszín felett 2 m-es magasságban fehér színű árnyékoló pajzsok alatt kapott helyet, az adatok gyűjtését Vaisala MILOS 500 típusú automata berendezés végzi (3. ábra).

Az egyetemi adatbázis esetében a léghőmérséklet és relatív nedvesség adatok között találtunk hibás adatokat, melyek kiszűrésre kerültek, illetve voltak hiányzó adatok is. A napi átlagérték létrehozása során ezeket a tényezőket figyelembe vettük: ha egy napon belül 60 db, vagy ennél több hibás, illetve hiányzó adattal talákoztunk, az adott nap átlagértékére nem adtunk értéket. Így a pécsi egyetemi állomás esetében a léghőmérséklet és relatív nedvesség adatsor rövidebb, mint a 10 évre vonatkozó, 4017 db adatot magában foglaló pogányi adatsor. A pécsi léghőmérséklet adatsorunk 3633 db, a relatív nedvesség adatsor 3593 db adatot tartalmaz. A két állomáson mért léghőmérséklet és relatív nedvesség adatokat összehasonlítottuk, illetve meghatároztuk a két adatsor közötti korrelációt. Az 5 °C-os intervallum beosztás alapján készített léghőmérséklet hisztogramon az egyes intervallumokhoz tartozó valószínűség értékek számítása során a teljes eset számmal és az intervallum szélességgel normalizáltunk. A relatív nedvesség hisztogramon az intervallum szélességek beosztása 10%-os relatív nedvesség változásnak felel meg, az intervallumok valószínűségének számítása a hőmérséklet adatoknál leírtak szerint történt.

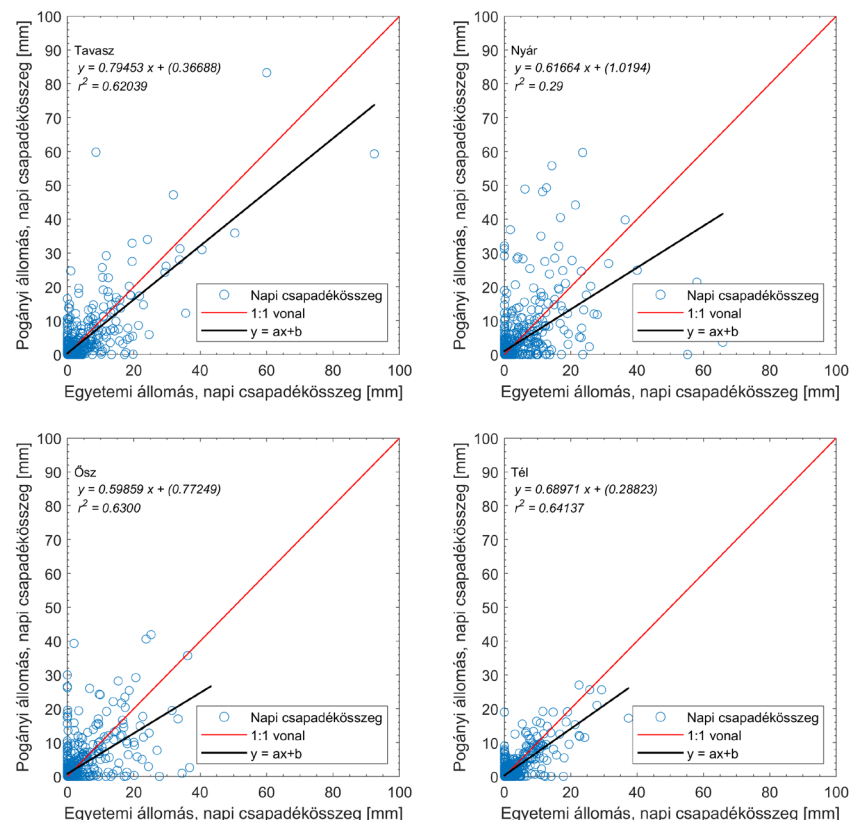
A csapadékmérés Lambrecht 15188H típusú (LAMBRECHT meteo GmbH, Göttingen, Németország) billenőedényes csapadékmérővel történt mindkét állomáson. A két csapadék adatsor összehasonlítását a napi csapadékösszegek alapján minden hónapra, illetve évszakra elvégeztük. A két adatsor csapadékeseményeinek csapadék-

összegre normalizált gyakoriságát hisztogramon is ábrázoltuk évszakos felbontásban. A szélesség- és szélirány mérő eszköz típusa az OMSZ mérési hálózatában alkalmazott műszerekével megegyező (Ablonczy, 2018). Mind az egyetemi, mind a pogányi állomás esetében a szélesség mérése Vaisala WAA151 forgókanalas szélmérővel, míg a szélirány mérése Vaisala WAV151 típusú elektromos széliránymérővel történt (4. ábra). Az adatok digitalizálását egy Unitek VHead egység végzi. A műszer 2 másodpercenként mér, de az adatok esetében az 1 perces átlagértékek kerültek eltárolásra, illetve a számolásokhoz is ezeket használtuk fel. Az egyetemi állomáson kezdetben az atlétika pálya melletti meteorológiai állomás kertjében helyezkedett el a szélesség- és széliránymérő műszer, azonban a kedvezőtlen elhelyezkedése (fák jelenléte, takarás) következtében 2015. december közepén áthelyezésre került a „D” épület tetejére. Az egyetemi állomás esetében így a 2016 előtti adatokkal nem számoltunk. A pogányi állomás esetében ilyen áthelyezésre nem került sor, azonban az egyetemi állomás adataival való összevetés érdekében szintén 2016-tól kezdtük az elemzést. A szélesség értékekből (az egyetemi állomás esetén az 1 perces, a pogányi állomás esetén pedig az óras átlagértékekből) napi és havi átlagokat számoltunk a 2016.01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra.

**Eredmények. Léghőmérséklet.** A vizsgált időszakban az egyetemi állomáson mért átlaghőmérséklet 12,7 °C volt, amely 0,7 °C-kal haladta meg a pogányi állomás ugyanazon időszakában mért átlaghőmérsékletét (12 °C) és 1,8 °C-kal az 1901–2010-es időszak átlaghőmérsékletét (10,9 °C). A napi átlaghőmérséklet adatok mindkét állomás esetében a -15 és 35 °C közötti tartományba estek, azonban a két szélsőértéket reprezentáló intervallumokban csak kevés adat található (5. ábra). A -15 és -10 °C közötti intervallum értékei a pogányi állomáson nagyobb valószínűséggel fordultak elő, azonban a 30 és 35 °C-ot bemutató intervallumban csak egyetemi adatok találhatóak. A leggyakoribb napi átlaghőmérséklet adatok mindkét állomás esetében a 15 és 20 °C közötti hőmérsékleti tartományba esnek. A napi átlaghőmérséklet adatok előfordulásának valószínűsége leginkább a 20 és 25 °C közötti hőmérsékleti intervallumban egyezik meg a két állomás esetében. A legnagyobb eltérés pedig a -15 és -10 °C közötti, a 25 és 30 °C, illetve a 30 és 35 °C közötti intervallumok esetén látható, utóbbi intervallumban csak egyetemi adatok szerepelnek. Megfigyelhetjük, hogy a 15 °C-nál alacsonyabb napi átlaghőmérséklet értékek a pogányi állomáson nagyobb számban fordulnak elő, mint az egyetemi állomáson, kivéve az 5 és 10 °C közötti intervallumot, míg a 15 °C-nál magasabb hőmérsékleti



9. ábra: Havi átlagos csapadékösszegek 2009. január 1. és 2019. december 31. között az egyetemi és a pogányi mérőállomások esetében.



10. ábra: Az egyetemi és pogányi napi csapadékadatok közötti korreláció évszakos bontásban a 2009. január 1. és 2019. december 31. közötti időszakban.

értékek esetében inkább az egyetemi állomás adatait találhatjuk meg nagyobb számban, kivéve a már említett 20 és 25 °C-os intervallumot, ahol közel megegyezik az adatok előfordulási valószínűsége.

A 6. ábrán láthatjuk a két állomás napi átlaghőmérséklet értékei közötti korrelációt. Az ábrán feltüntettük az adatokra illesztett lineáris egyenest, valamint a regressziós egyenletet, továbbá a korrelációs együtthatót is. Az adatpárok elhelyezkedése és az elemzés során kapott eredmények alapján a két állomás napi átlaghőmérséklet értékei között szoros összefüggés van. A regressziós egyenlet alapján elmondhatjuk, hogy az egyetemi napi átlaghőmérséklet értékek közelítőleg 0,7 °C-kal magasabbak a pogányi adatoknál.

**Relatív nedvesség.** A napi átlagos relatív nedvesség értékek 30–100% között oszlanak meg (7. ábra). A leggyakoribb napi átlagértékek a 60–80% közötti relatív nedvesség intervallumokhoz tartoznak mindkét állomáson.

1. táblázat. Az egyetemi és a pogányi állomáson mért csapadékösszegek havi értékei a vizsgált időszakban

	Csapadékösszeg [mm]			
	Pécs	Pogány	Meredekség	$r^2$
Január	40	30,2	0,6680	0,7439
Február	50,9	47,7	0,6430	0,4417
Március	46,9	33,4	0,6000	0,6671
Április	33,6	33,1	0,7248	0,4925
Május	76	<b>89,7</b>	<b>0,9047*</b>	0,7338
Június	<b>83,7</b>	85,7	0,6834	0,4459
Július	62,2	70,8	0,8716	0,4735
Augusztus	42	50,7	<b>0,5243*</b>	<b>0,1812<sup>§</sup></b>
Szeptember	65,4	70,6	0,8796	0,6810
Október	54,9	58,2	0,6646	0,4369
November	42,1	42,6	0,7716	0,7711
December	49	44,5	0,7954	<b>0,8335<sup>§</sup></b>
$\Sigma$	646,7	657,2		

\*Legkisebb és legnagyobb meredekség

§Legerősebb és leggyengébb korreláció

A két szélsőértéket reprezentáló intervallumokban (30–40%, illetve a 90–100%) mindkét állomás adatai szerepelnek. A pogányi adatokhoz képest a pécsi adatok nagyobb valószínűségű előfordulását láthatjuk a 30–60% közti intervallumok esetén, illetve a 70–80%-os intervallumban. A 60–70%-os, illetve a 80–100% közti intervallumokban a pogányi adatok fordulnak elő nagyobb gyakorisággal. A pogányi napi átlagos relatív nedvesség értékek közel egyforma gyakorisággal fordulnak elő a 60–70% és a 70–80%-os intervallumokban.

Hasonlóan a napi átlaghőmérséklet értékekhez, a napi átlagos relatív nedvesség értékek ( $RH_{\text{át}}$ ) is szoros összefüggést mutatnak a két vizsgált állomás esetén (8. ábra). A regressziós egyenlet arra enged következtetni, hogy az egyetemi és a pogányi átlagos relatív nedvesség értékek közti különbség átlagosan 5,1% a pogányi adatok javára.

**Csapadék.** A két állomás évi csapadékösszege 646,7, illetve 657,2 mm volt a vizsgált periódusban (2009–2019) az egyetemi, illetve a pogányi állomáson. A legmagasabb átlagos havi csapadékösszeg május (pogányi állomás) illetve június (egyetemi állomás) hónapokban került regisztrálásra. A legjelentősebb eltérést a két állomás között március hónapban mértük (9. ábra). A havi csapadékösszegeket tekintve öt esetben az egyetemi, hét esetben pedig a pogányi állomáson voltak magasabbak az értékek. A két állomás napi csapadékösszeg adatai közötti kor-

reláció az egyes hónapok esetében jelentős eltérést mutatott (1. táblázat). A két állomás csapadék adatai közötti lineáris trendvonalak meredeksége mindenhol 1 alatt maradt (1. táblázat). A trendvonalak meredeksége között nagy különbségeket tapasztaltunk az egyes hónapok között, a legmagasabb értéket májusban, míg a legalacsonyabbat augusztusban mértük. A két adatsor közötti legerősebb korrelációt decemberben, a leggyengébbet augusztusban figyeltük meg.

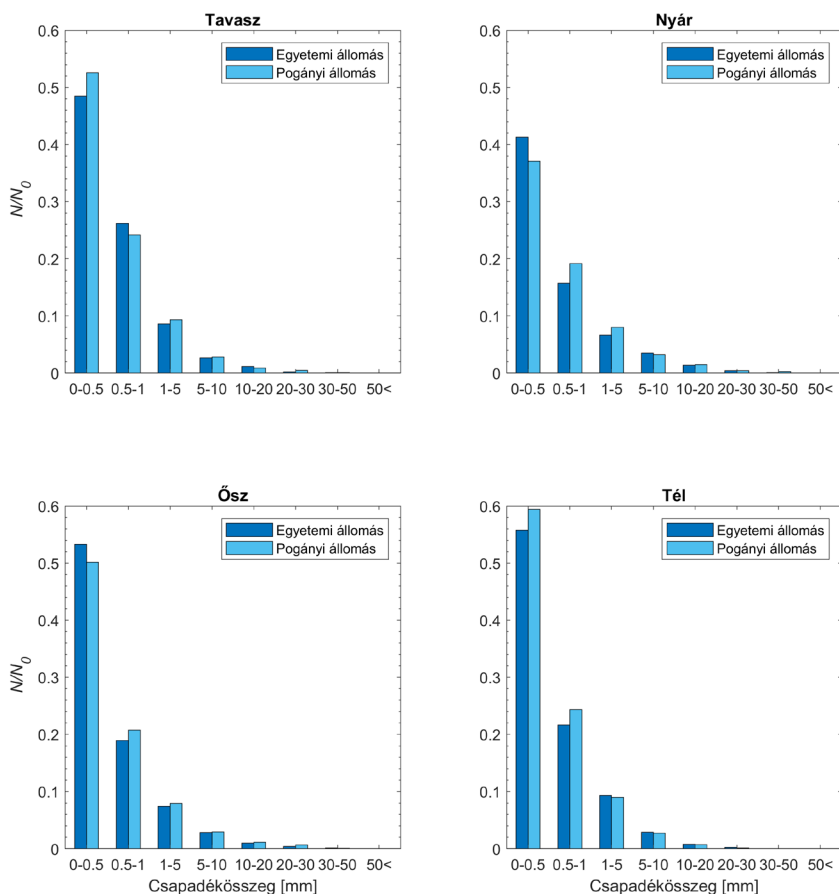
A két, napi csapadékösszegeket tartalmazó adatsor közötti évszakos korreláció hasonló képet mutatott, mint a havi felbontás esetén (10. ábra). A lineáris trendvonalak mindenhol az 1:1-es vonal alatt maradtak ( $x$ -tengely ismételt az egyetemi állomás adatait tartalmazta). A legerősebb korrelációt ( $r = 0,80$ ) télen, míg a leggyengébbet ( $r = 0,53$ ) nyáron tapasztaltuk a két állomás napi csapadékaival alapján.

A vizsgált időszakban az egyetemi állomáson 1552 csapadékos nap (összes nap 39%-a), míg a pogányi állomáson 1427 csapadékos nap (összes nap 36%-a) került regisztrálásra (2. táblázat). A 0,5 mm-nél kevesebb, valamint az 5–10 és a 10–20 mm közötti napi csapadékösszegek száma az egyetemi állomáson volt magasabb. A 0,5–1 mm, 1–5 mm, valamint az 50–100 mm napi csapadékösszegek száma megegyezett a két állomás esetében (rendre 159, 451 és 6 nap). A 20–30 mm és 30–50 mm napi csapadékösszegek esetében azonban az összes eset-szám magasabb volt a pogányi állomáson. Feltűnő különbség volt azonban a nyári évszakban mért 30 és 50 mm közötti események vonatkozásában: a pogányi állomáson 14 ilyen esemény történt, míg az egyetemi állomáson csak 3 ilyen nap volt. Hasonlóan nagy eltérés volt megfigyelhető a pogányi állomás javára a tavaszi és őszi hónapokban a 20–30 mm-es csapadékösszeg tartományban (Pogány: 16 nap tavasszal, 22 nap ősszel, Pécs: 7 nap tavasszal, 14 nap ősszel).

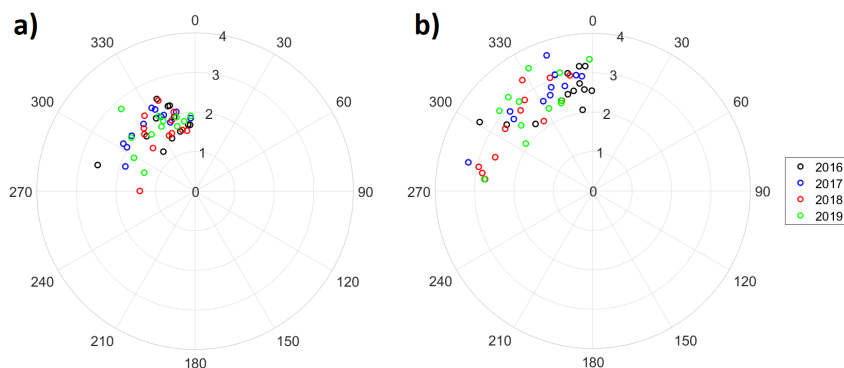
A csapadékösszegek tartomány szélességre normalizált hisztogramja alapján már nem ilyen egyértelmű a csapadékesemények csapadékösszeg szerinti különbsége a két állomás között. A nyári és az őszi évszakok esetén a pogányi csapadékos napok alacsonyabb száma miatt, a nyári és őszi  $\leq 0,5$  mm, valamint a nyári 5–10 mm csapadékösszeg tartományok kivételével, minden esetben a pogányi állomás mutatott magasabb gyakorisági arányt (11. ábra). A téli és tavaszi hisztogramok már változatosabb képet mutatnak.

2. táblázat: Az egyetemi és a pogányi meteorológiai állomásokon regisztrált napi csapadékösszegek gyakorisága.

csapadékösszeg tartomány [mm]	Tél		Tavasz		Nyár		Ősz		Összes	
	Egyetem	Pogány	Egyetem	Pogány	Egyetem	Pogány	Egyetem	Pogány	Egyetem	Pogány
$\leq 0,5$	116	117	100	98	73	58	93	87	380	360
0,5–1	45	48	54	45	27	30	33	36	159	159
1–5	155	142	142	139	97	100	103	110	491	491
5–10	60	54	54	52	60	50	49	51	223	207
10–20	31	28	47	32	51	46	34	38	158	144
20–30	8	5	7	16	14	12	14	22	42	55
30–50	1	0	5	4	3	14	6	3	15	21
50–100	0	0	3	3	3	3	0	0	6	6
$\Sigma$	416	394	413	373	330	313	393	347	1552	1427



11. ábra: A napi csapadékösszegek tartományisélességre normalizált hisztogramja a két vizsgált állomás esetében



12. ábra: Az egyetemi (a) és a pogányi (b) állomáson mért szélesebbesség értékekből számolt havi átlagos szélirány és szélesebbesség értékek összefüggése a 2016.01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra

**Szélesebbesség és szélirány.** A havi szélirány- és szélesebbesség átlagokból „szélrózsát” készítettünk mindkét állomásra (12. ábra), amely alapján jól összevethető az állomásokra jellemző havi átlagos szélesebbesség és szélirány. A szélirány átlagok havi felbontásából látható, hogy a vizsgált időszakban a 270–300° közötti szélirány leginkább az októbertől kora tavaszig tartó időszakban, míg a 300° feletti szélirány a tavasztól kora őszig tartó időszakban volt jellemző (3. és 4. táblázat). Az évi szélirány átlagokat tekintve mindkét állomás esetében főként az ÉNy-i szél volt jellemző (5. táblázat).

A havi szélesebbesség értékekből készített oszlopdiaagramok alapján jól nyomon követhető az átlagos szélesebbesség értékek éves változása (13. és 14. ábra). Az egyetemi állomáson leginkább április–májusban, míg a pogányi ál-

3. táblázat: Havi szélirány átlagok (°) a pogányi állomáson a vizsgált időszakban

Hónap	2016	2017	2018	2019
1	353	345	279	332
2	357	355	328	359
3	354	342	282	311
4	301	341	349	320
5	348	342	305	318
6	346	312	339	312
7	349	336	318	341
8	355	331	325	332
9	353	338	341	340
10	359	314	276	305
11	308	352	289	276
12	319	283	323	344

4. táblázat: Havi szélirány átlagok (°) az egyetemi állomáson a vizsgált időszakban

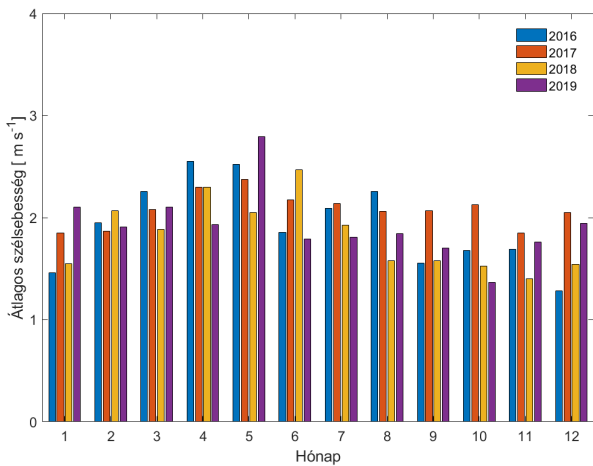
Hónap	2016	2017	2018	2019
1	353	345	279	332
2	357	355	328	359
3	354	342	282	311
4	301	341	349	320
5	348	342	305	318
6	346	312	339	312
7	349	336	318	341
8	355	331	325	332
9	353	338	341	340
10	359	314	276	305
11	308	352	289	276
12	319	283	323	344

5. táblázat: Évi átlagos szélirányok (°) az egyetemi és a pogányi állomáson

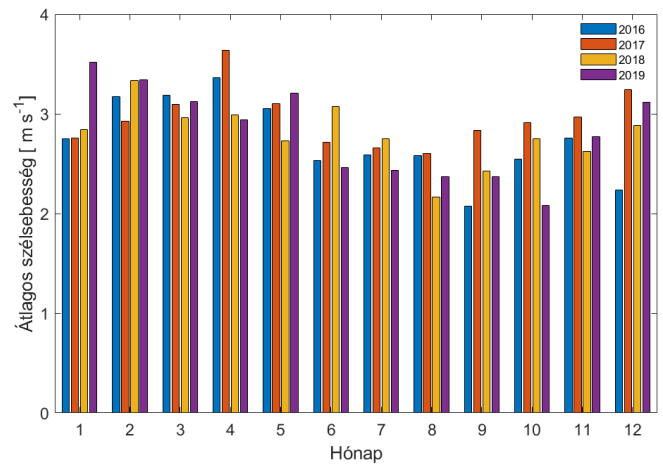
	Egyetem	Pogány
2016	334	350
2017	327	337
2018	356	346
2019	333	357

lomáson februártól áprilisig tartó időszakban volt nagyobb az átlagos szélesebbesség a 2016–2019 közötti időszakban. Míg a pogányi állomáson minden átlag érték 2 ms<sup>-1</sup> feletti, addig az egyetemi állomáson ez alatti értékekkel is találkozunk. A maximum értékek tekintetében is eltérés tapasztalható a két állomás között: a pogányi állomáson jellemző volt a 3 ms<sup>-1</sup> feletti átlagos szélesebbesség, míg az egyetemi állomáson az átlagos szélesebbesség nem haladta meg a 3 ms<sup>-1</sup>-ot. Az egyetemi állomáson az átlagos szélesebbesség maximuma 2019. májusban, míg a pogányi állomáson 2017. áprilisban volt jellemző. A pogányi állomáson az átlagos szélesebbesség minimuma minden évben augusztus–szeptember hónapokban, míg az egyetemi állomáson november–december között volt jellemző. Kivételet 2019. október képez, amikor is mindkét

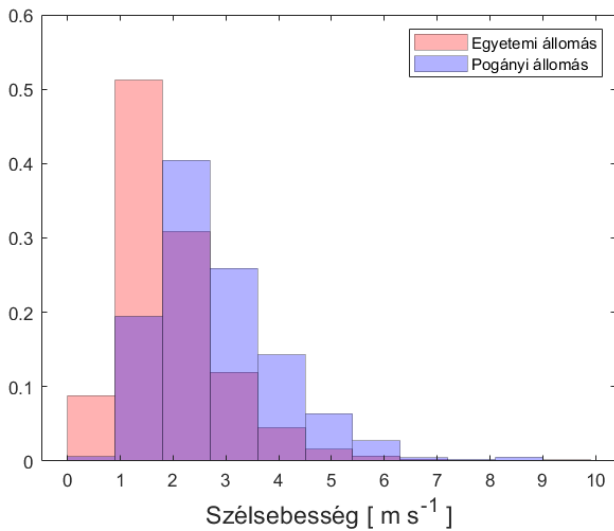




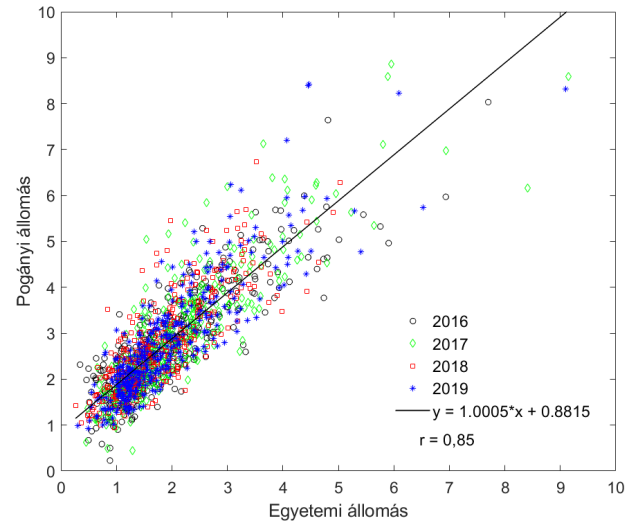
13. ábra: Az egyetemi állomáson mért szélesség értékekből képzett havi átlagos szélesség értékek éves eloszlása a 2016.01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra



14. ábra: A pogányi állomáson mért szélesség értékekből képzett havi átlagos szélesség értékek éves eloszlása a 2016.01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra



15. ábra: Napi szélesség átlagokból készített hisztogram a 2016. 01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra



16. ábra: Az egyetemi és a pogányi állomásra számolt napi szélesség átlagok korrelációja a 2016.01.01. és 2019.12.31. közötti időszakra

állomáson a legalacsonyabb átlagos szélességet kaptuk. A hisztogramok a kezdeti adatokból számolt napi szélesség átlagok felhasználásával készültek, intervallumszélességgel és darabszámmal normalizáltak (15. ábra). A pogányi állomás átlagosan nagyobb szélességgel jellemezhető, ami tulajdonítható az állomás földrajzi elhelyezkedésének, így az erősebb szélnek való kitettségnek. A korrelációs együttható ( $r$ ) számítása szintén a kezdeti szélesség adatokból számolt napi szélesség átlagok alapján történt. A 16. ábra négy év adatait tartalmazza, amelyekre egyesével kiszámításra került a regressziós egyenes egyenlete is. A magas  $r$  érték (0,85) alapján elmondható, hogy a két állomás között erős a korreláció a szélesség tekintetében.

**Összefoglalás.** Jelen cikkünkkel a Pécsi Tudományegyetem Ifjúság úti campus-án található meteorológiai állomás telepítésének 12. évfordulójáról emlékezünk meg. Az esemény alkalmából a pogányi és az egyetemi meteorológiai állomások 11 éves adatait hasonlítottuk össze. A vizsgálat napi egy átlagos léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélesség, és -irány, valamint csapadék akkumuláció adatokra terjedt ki. A két állomás közti napi átlaghőmérséklet különbség  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , az egyetemi állomás

értékei magasabbak a pogányi értékeknél. A napi átlagos relatív nedvesség értékek azonban a pogányi állomás esetében magasabbak  $5,1\%$ -kal. Számításaink alapján az egyetemi állomás magasabb hőmérsékleti értékei magyarázhatják az alacsonyabb átlagos relatív nedvesség értékeket, ugyanis a  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletkülönbség  $5\%$  relatív páratartalom különbséget eredményez. Ebből arra következtethetünk, hogy a levegő vízgőztartalma közel megegyezett a két állomás felett. Az egyetemi állomás magasabb napi átlaghőmérséklete több tényező együttes hatásából eredhet. Egyrészt az egyetemi állomás a pogányi állomáshoz képest  $24\text{ m}$ -rel alacsonyabban, a Mecsek déli lejtőjén és sűrűn beépített városi környezetben helyezkedik el, míg a pogányi állomás egy sík felszínen található nyílt területen. A viszonylag kis földrajzi távolság ellenére a két állomás csapadékmintázata között nem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket. A két állomás évi csapadékösszege szinte azonos volt a vizsgált időszakban (Egyetem:  $646,7$ , illetve Pogány:  $657,2\text{ mm}$ ). Az egyetemi állomáson magasabb volt a csapadékos napok száma a vizsgált időszak során, így a csapadékos napok átlagos napi csapadékösszege alacsonyabb volt, mint a pogányi állomáson. Eltérést tapasztaltunk a havi csapadékösszegek eloszlása tekintetében is: nagyobb szélsősége-

ket figyeltünk meg a legszárazabb és a legcsapadékosabb hónapok átlagos csapadékösszegei között a pogányi (különbség: 59,5 mm), mint az egyetemi (különbség: 50,1 mm) állomásnál. A legmagasabb havi csapadékösszeget az egyetemi állomás esetében júniusban (83,7 mm), míg a pogányi állomásnál májusban (89,7 mm) mértük. A pogányi állomás szélsőségeiből csapadékjárását mutatja, hogy a júniusi átlagos csapadékösszeg is magasabb volt, mint az egyetemi állomás esetében. A legszárazabb hónap az egyetemi állomáson április volt, míg a pogányi állomáson a január. A napi csapadékösszegek gyakoriságát tekintve a pogányi állomás ismételtén szélsőségeiből csapadékjárását mutatott. A nagyobb csapadékösszegek gyakorisága magasabb volt az utóbbi állomás esetében, főleg az átmeneti évszakokban, illetve a 20–30 és a 30–50 mm csapadékösszegű napok esetében. Az 50–100 mm napi csapadékösszegek azonban megegyező számban fordultak elő a két állomás esetében a vizsgált időszak során (3–3 ilyen nap volt tavasszal és 3–3 a nyári időszakokban). A pogányi állomáson a 2016–2019 közötti időszakban nagyobb gyakorisággal jelentek meg a  $2 \text{ ms}^{-1}$  feletti szélesebesség értékek, míg az egyetemi állomáson az 1 és  $2 \text{ ms}^{-1}$  közötti napi átlagos szélesebesség értékek a gyakoribbak. A pogányi állomáson jellemző volt a  $3 \text{ ms}^{-1}$  feletti havi átlagos szélesebesség, míg az egyetemi állomáson a havi átlagos szélesebesség nem haladta meg a  $3 \text{ ms}^{-1}$ -ot. A pogányi nagyobb átlagos szélesebesség oka lehet a morfológiai-domborzati különbség (a pogányi állomása nyíltabb terepen helyezkedik el). A két állomás között szoros az összefüggés a szélesebesség tekintetében. A havi és évi átlagos szélirány tekintetében jelentős különbséget nem figyeltünk meg a két állomás között. A havi átlagos szélirány értékek  $270\text{--}359^\circ$  között változtak a vizsgált időszakban. Az évi átlagokat tekintve főként az ÉNy-i, illetve az (közel) É-i szél volt a jellemző (egyetemi állomás:  $326\text{--}359^\circ$ , pogányi állomás:  $337\text{--}357^\circ$  közötti évi átlagos szélirány).

**Köszönetnyilvánítás.** A kutatás a GINOP-2.3.2-15-2016-00055 azonosítószámú „Légszennyezettség előrejelző rendszer kifejlesztése légköri víz-aeroszol kölcsönhatások figyelembevételével” projekt keretében valósult meg.

## Irodalom

- Ablonczy, D., 2018: Hogyan mérjük az esőt? Mennyire süt most a nap? Hogyan működik a szélmérő? (meteorológiai érzékelők egyszerűen, a hétköznapokban). *Léggör* 63, 162–176.
- Bacsó, N., 1948: A hőmérséklet eloszlása Magyarországon. *Országos Meteorológiai Intézet*, Budapest
- Bacsó, N., 1952: A hőmérséklet szélső értékei Magyarországon 1901–1950. *Magyarország éghajlata* 8. *Országos Meteorológiai Intézet*, Budapest
- Bacsó, N., 1959: Magyarország éghajlata. *Akadémia Kiadó*, Budapest
- Bacsó, N., Kakas J. és Takács L., 1953: Magyarország éghajlata. *Országos Meteorológiai Intézet kiadványai* XVII. Budapest
- Bíróné Kircsi A., 2019: A felmelegedés klímacsikokon. *Léggör* 64, 163.
- Bötkös, T., 2006: Precipitation trends in Pécs. In Halasy-Kun, G (ed.): *Pollution and Water Resources. Columbia University Seminars XXXVI*, 171–177. New York
- Czigány, S., Pirkhoffer, E. and Geresdi I., 2010a: Impact of extreme rainfall and soil moisture on flash flood generation. *Időjárás* 114, 79–100.
- Czigány Sz., Pirkhoffer E., Balassa B., Bugya T., Bötkös T., Gyenizse P., Nagyvárad L., Lóczy D. és Geresdi I., 2010b: Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények* 134, 281–298.
- Csepő, A., Sarkadi, N., Horváth, A., Schmeller, G. and Lemler, T., 2019: Fog climatology in Hungary. *Időjárás* 123, 241–264.
- Domján A., Ronczyk L., Nagy G. és Czigány Sz., 2016: Csapadékárhullám reakcióidők meghatározása pécsi vízfolyások esetében. *Természetföldrajzi Közlemények*. doi: 10.17799/2016.1.1
- Faragó, T., Láng, I. and Csete, L., 2010: Climate Change and Hungary: Mitigating the Hazard and Preparing for the Impacts. *The „VAHAVA” Reports*, Budapest
- Gulácsi A., 2017: Az antropogén klímaváltozás és a természetes klímaoscillációk szerepe a szárazodásban és a szélsőséges időjárásban Magyarországon. *Léggör* 61, 72–81.
- Hajósy F., 1952: Magyarország csapadékviszonyai 1901–1940. *Országos Meteorológiai Intézet*, Budapest
- Hegedüs P., 2014: Villámárvizek peremfeltételeinek numerikus modellezése a Mecsek kisvízgyűjtőinek példáján (PhD értekezés). *Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok Doktori Iskola*. <http://pea.lib.pte.hu/pea/15032>
- Hegedüs, P., Czigány, S., Pirkhoffer, E., Balatonyi, L. and Hickey, R., 2015: Analysis of spatial variability of near-surface soil moisture to increase rainfall-runoff modelling accuracy in SW Hungary. *Open Geosci.* 7, 126–139. doi 10.1515/geo-2015-0017
- Horvát, A., 1942: A Mecsek-hegység és déli síkjának növényzete. *Cisztercita Rend kiadása*, Pécs
- Horváth, Á., Seres, A. T. and Németh, P., 2012: Convective systems and periods with large precipitation in Hungary. *Időjárás* 116, 77–91.
- Kakas J. (szerk.), 1967: Magyarország Éghajlati Atlasza. 2. Adattár. *Országos Meteorológiai Intézet*, Budapest
- Kéri M., 1952: Magyarország hőviszonyai 1929–30. *Országos Meteorológiai Intézet*, Budapest
- Lovász Gy., 1977: Baranya megye természeti földrajza. In Babics, A. és Szita, L. (szerk.): *Baranya Monográfia Sorozat, Baranya Megyei Levéltár*, Pécs.
- Nagy G., Czigány Sz. és Ronczyk L., 2017: 1991–2016 közötti extrém csapadékok trendelemzése a Dél-dunántúli régióban. In: Szigyártó, IL és Szikszai, A (szerk.) *XIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia*. Ábel Kiadó, Kolozsvár. 96–101.
- Pirkhoffer, E., Czigány, S. and Geresdi, I., 2009: Impact of rainfall pattern on the occurrence of flash floods in Hungary. *Z. Geomorph. N.F.* 53, 139–157.
- Réthly A., 1937: Magyarország éghajlata. *M. Kir. Orsz. Meteorológiai és Földmágnességügyi Intézet* kisebb kiadványai. Új sorozat 3. Budapest
- Schmeller G. és Sarkadi N., 2018: A részletes mikrofizikai séma alkalmazása a csapadékkémiai folyamatok modellezésében. *Léggör* 63, 4–7.
- [www.airportpecs.hu/](http://www.airportpecs.hu/)
- [www.joido.ttk.pte.hu](http://www.joido.ttk.pte.hu)
- [www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_adatsorok/Pecs/leirasok/tortenet/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Pecs/leirasok/tortenet/)

# SENTINEL-2 NDVI ÉRTÉKEK TÁBLASZINTŰ VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYKULTÚRÁKBAN

## FIELD-LEVEL STUDY OF SENTINEL-2 NDVI VALUES IN DIFFERENT CROPS

Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila

Országos Meteorológiai Szolgálat, 3533 Miskolc, Kerpely Antal utca 12., [molnar.zs@met.hu](mailto:molnar.zs@met.hu), [kovacs.av@met.hu](mailto:kovacs.av@met.hu)

**Összefoglalás.** A precíziós mezőgazdaságban hatalmas lehetőségeket teremt a nagy felbontású, táblaszintű műholdas információk alkalmazása. A távérzékeléssel mért NDVI értékek ugyanis több, az agrometeorológiában fontos mennyiség (többek között a növényi párolgási együtthatók, az evapotranspiráció) becslésére alkalmasak. Egy mezőgazdasági tábla NDVI időSORA alapján elkülöníthetők a főbb termesztett szántóföldi kultúráink, de a növényzet állapotáról, fenológiai fázisáról is fontos következtetéseket vonhatunk le. Cikkünkben 18 mezőgazdasági tábla NDVI értékei alapján az őszi búza, az őszi káposztarepce és a kukorica 2019-es évi idősorait vizsgáljuk a meteorológiai adatok fényében, és összehasonlítjuk a kultúrák különböző tábláit a megfigyelt fenológiai fázisok szerint.

**Abstract.** High-resolution, plots-level satellite information creates enormous opportunities in precision agriculture. Remotely sensed NDVI values are suitable for estimating several important quantities in agrometeorology (including plant evaporation coefficients, evapotranspiration). Based on the NDVI time series of an agricultural table, our main cultivated field crops can be separated, but we can also draw important conclusions about the condition and phenological phase of the vegetation. In our article, on the basis of meteorological data we examine the 2019 annual time series of winter wheat, winter rapeseed, and maize NDVI values of 18 agricultural plots and compare different plots of crops according to the observed phenological phases.

**Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – Normalizált Vegetációs Index.** Az NDVI a legszélesebb körben használt műholdas vegetációs index, mely a felszín „zöldességével”, fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban ( $NDVI = (NIR - VIS)/(NIR + VIS)$ ). A 0 és 1 között változó, mértékegység nélküli NDVI értékek egy adott helyen a biomaszra mennyiségét tükrözik, nevezetesen a levelek klorofill- és víztartalmát. A csupasz talaj NDVI értéke a legalacsonyabb, míg a legmagasabb a sűrű erdőké. Az index értéke változik a növényállomány fenológiai fázisaival, de akkor is, amikor azt víz- illetve tápanyaghiány, vagy valamilyen betegség, kártevő sújtja. Így az NDVI indexet többek között a növények fejlődésének, egészségének, a legelők állapotának nyomon követésére, a biomaszra mennyiségének becslésére lehet használni.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat a honlapjának agrometeorológiai oldalán az NDVI hazai területi eloszlásáról, a nyolc nap alatt bekövetkezett változásáról és az átlagtól vett eltéréséről nagy felbontásban, operatíván tájékoztat.

A műholdas NDVI értékek szezonális változása a növényzet leírásában fontos szerepet tölt be, többek között a növénytípus és a produktivitás meghatározásában. A NOAA AVHRR nagy felbontású és gyakoriságú méréseinek vizsgálata megállapította, hogy a különböző növényeknek jellegzetes lefutású NDVI mintázata van az év során. Justice et al. (1985) Dél-Amerika, Afrika és Dél-Ázsia növényzetének fenológiáját vizsgálta műholdas mérések segítségével. Tucker et al. (1985) Afrika növényborítottságát osztályozta, Goward et al. (1985) Észak-Amerika növényzetét vizsgálta. A felszínborítás osztályozás mellett az NDVI évi összegek jó korrelációt mutattak az elsődleges növényi produkcióval Észak- és Dél-Amerikában (Goward et al., 1985; Goward és Dye, 1987; Goward et al., 1987). E mellett az AVHRR NDVI segítségével sikerült olyan paramétereket is meghatározni, melyek a növénymodellekben bemenő adatként szerepelnek (Prince and Goward, 1995, Field et al., 1995). Az NDVI évi változása a légköri széndioxid koncentrációval is korrelál (Tucker et al., 1986).

A távérzékeléssel mért NDVI értékek számos, az agro-

meteorológiában fontos mennyiség becslésére alkalmasak. Az NDVI és (mind a tényleges, mind a potenciális) evapotranspiráció között magas a korreláció ( $r \sim 0,8$ ), a vegetációs időszakban összegzett NDVI és a tényleges evapotranspiráció pedig még szorosabban együtt fut ( $r \sim 0,95$ ). A tényleges evapotranspirációt az NDVI értékből és a potenciális evapotranspirációból 10–15 %-os hibával lehet becsülni (Cihlar et al., 1991).

A növényi együtthatók ( $K_c$ ) módszere széles körben használt az öntözés meghatározásához. Az irodalomban kultúránként fixen megadott együtthatók csak egy közelítő becslést adnak a növényi párolgásra, az valójában függ az adott területtől, a művelési módtól, és az egyes évről is. Az ezekkel az együtthatókkal való számítás ezért jelentős eltérést produkálhat a tényleges párolgáshoz képest. (Hunsaker et al., 2005). A precíziós mezőgazdaságban a növények párolgási együtthatóinak gyors, pontos és naprakész ismerete nélkülözhetetlen a hatékony vízfelhasználás szempontjából. Mivel a növényi együtthatók és a műholdas vegetációs indexek görbéi hasonló lefutást mutatnak a vegetációs időszak során, ez lehetőséget ad arra, hogy előbbi az utóbbiból becsüljük. A lineáris összefüggéssel számított együtthatók különböző növények, valamint öntözött és nem öntözött területek esetén is jó korrelációt mutatnak ( $r=0,9$ ) a mért értékekkel (Kamble, et al., 2013). Zhang et al. (2019) a növényi együtthatót az NDVI értékből számított növényborítottságból becsülték, ami a terepi mérésekkel igen jól korrelál ( $r=0,93$ ).

A növényzet fenológiai fázisainak meghatározására a felszíni megfigyelések, empirikus vagy bioklimatikus modellek, illetve távérzékeléses mérések adnak lehetőséget (Soudani et al., 2012). A küszöbértékek alkalmas megválasztásával az NDVI időSOR alkalmas a vegetációs időszak hosszának és a növényzet maximális fejlettségének a meghatározására is (Evans et al., 2014).

A vegetáció fontos szerepet tölt be az időjárási, éghajlati és hidrológiai modellezésben is. A távérzékeléssel mért felszíni reflektanciák segítségével meghatározható a LAI (levélfelületi index) és a Fg (zöld növényborítottság in-

dex), mely paraméterek a növényzet vertikális és horizontális sűrűségét reprezentálják a modellekben (*Gutman and Ignatov, 1997*). Mindkét indexet általában műholdakkal mért NDVI értékekből származtatják, a LAI-t egyszerű empirikus összefüggésekkel (*Qi et al., 2000; Price and Bausch, 1995, Price, 1993*), a Fg-t pedig a csupasz talaj és a sűrű növényzet NDVI értékének lineáris vagy négyzetes kombinációjaként. A csupasz talaj NDVI értékét általában igen alacsonynak ( $\sim 0,05$ ) szokták választani, holott annak értéke közelebb áll a 0,2-es értékhez, ráadásul a különböző típusú és állapotú talajok NDVI értéke meglehetősen nagy különbségeket mutat (szórás: 0,1). A csupasz talaj NDVI értékének jelentős alulbecslése a Fg paraméter jelentős felülbecsléséhez vezet, különösen füves és cserjés területeken (*Mondaton et al., 2008*).

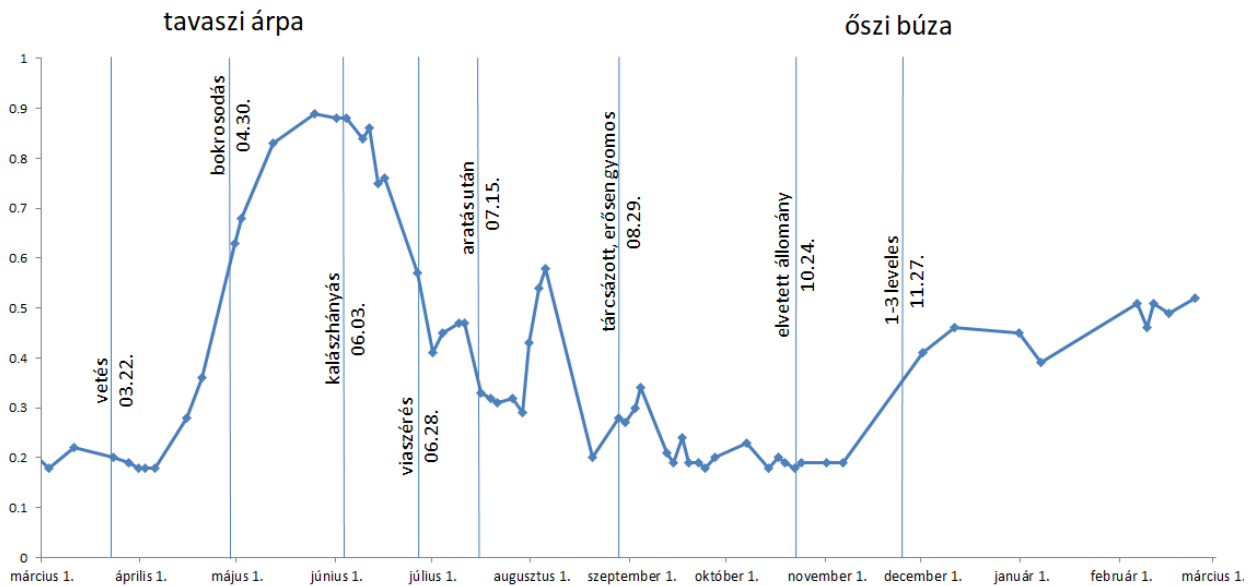
**Vizsgálati módszer.** Vizsgálatunk célja a Sentinel-2 műhold méréseiből származtatott nagy felbontású, táblaszintű NDVI műholdas vegetációs index értékeinek összevetése az általunk megfigyelt, művelés alatt álló mezőgazdasági táblákon. Célunk, hogy terepi megfigyeléseink révén minél többet megtudjunk az NDVI tábla szintű, gyakorlati felhasználhatóságáról. Ennek érdekében 2019. február végétől november végéig körülbelül havi rendszerességgel, kilenc alkalommal végeztünk megfigyeléseket Miskolc közelében. Helyszíneinket véletlenszerűen választottuk ki, három egymáshoz közeli területen összesen 28 mezőgazdasági táblát vizsgáltunk.

Az általunk megfigyelt mezőgazdasági táblákon őszi búzát, őszi árpát, őszi káposztarepcét, tavaszi árpát, kukoricát, napraforgót, valamint lucernát termesztettek, így ezen növények fejlődését vizsgáltuk az NDVI értékek változásának tükrében. A vizsgált mezőgazdasági táblák, egymáshoz viszonylag közel, egy 3,5 km sugarú körön belül helyezkednek el, és a miskolci meteorológiai mérőállomástól a legtávolabbi sincs messzebb, mint 14 km. Ez azért fontos, mert a növényekre ható időjárási körülményeket azonosnak tekinthetjük a különböző táblákon, és a Miskolcon mért meteorológiai adatok reprezentatívnak tekinthetők a területen. Ugyanakkor azt nem tudjuk, hogy azonos fajtaikat vetettek-e az egyes növényekből, és ebből adódnak-e esetleges eltérések a különböző állományok fejlődésében.

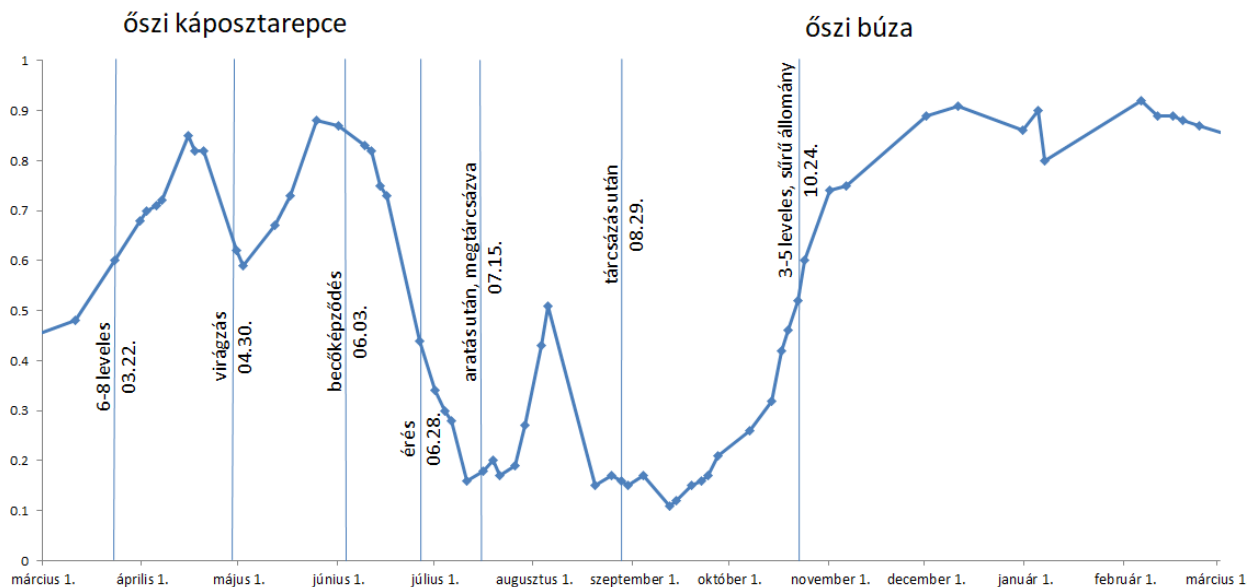
A vegetációs index vizsgálatához a Sentinel-2 műhold L-2A produktumait használtuk. Az L-1C produktum a légkör „tetejéről” érkező sugárzásból számol, míg az L-2A légköri korrekciót tartalmaz. (Az NDVI nem egy abszolút szám, azonos időben, azonos helyről más értékek adódnak a műhold L-1C, illetve L-2A méréseiből. Az utóbbi jóval magasabb értéket ad, mint az előbbi.) Csak azok a műholdképek tekinthetők használhatónak, amikor egyáltalán nem volt felhő vagy felhőárnyék a vizsgált táblarész fölött a felvétel pillanatában. Érdekes megjegyeznünk, hogy a nagyon vékony, áttetsző cirrus felhők gyér növényborítottság esetén növelik, dúsabb növényzet esetén viszont csökkentik az NDVI értékét a tiszta égbolthoz képest. A mezőgazdasági táblákat jellemző NDVI értékek mindig azonos pontból származnak. Ez azért fontos, mert a 10 méteres felbontás lehetővé teszi, hogy a viszonylag kisméretű mezőgazdasági táblák inhomogenitásai is jól érzékelhetőek, egymástól különböző

NDVI értékek mérhetőek a táblák különböző helyein. Egy mezőgazdasági tábla NDVI időszora alapján elkülöníthetők a főbb termesztett szántóföldi kultúráink, de a növényzet állapotáról, fenológiai fázisáról is fontos következtetéseket vonhatunk le.

**Az NDVI index alakulása két mezőgazdasági táblán egy év során.** Az egyik, Miskolctól keletre, a Sajó és a Csorba-tó közötti területen található, általunk vizsgált táblán tavaszi árpa volt a termesztett kultúra (*1. ábra*). 2019. február 27-én még szántás volt a területen kukorica szármaradványokkal, majd március 22-én éppen vetettek, április 30-án pedig már 10–15 cm magas, a bokrosodás fenológiai fázisában járó tavaszi árpát figyelhettünk meg. Az NDVI értékeken jól látszik, hogy április elején kelt ki a növény, ekkor kezdett intenzíven növekedni az index értéke. Bő egy hónappal később, június 3-án 50–70 cm magasra nőtt már az árpa. A kalászhányás fázisában egyenetlen fejlődésének találtuk az állományt, a csapadékos május után belvízfoltot is láttunk a táblában. Ekkor az NDVI értéke a maximuma körül járt, június első dekádja után már folyamatosan csökkent, ami az érés kezdetét mutatja. Június 28-án az érés vége felé járt már a növény, a viaszérés fenofázisában. Ekkor az árpa mellett gyom is megjelent az állományban a sok eső hatására, amit az NDVI értékének kismértékű növekedése is jelez. Július 10. és 15. között megtörtént az aratás, amit a vegetációs index lecsökkenése mutat. Július végén intenzív növekedésnek indult az NDVI értéke, amit a tarlóhántás utáni gyomosodás okozott a csapadékos időben. Augusztus 5. és 20. között a felhőzet miatt sajnos nem készült értékelhető műholdkép, valamikor ebben az időszakban megtárcsázták a táblát, valószínűleg nem sokkal 20-a előtt, mert akkor alacsony volt a vegetációs index értéke. Augusztus 29-re ismét begyomosodott a tábla, melyet szeptember 4-e után újabb tárcsázás követett. Október közepén őszi búzát vetettek, mely megfigyelésünk szerint 24-én még nem kelt ki. November 6-a után a tartósan felhős idő miatt nem készült értékelhető műholdképek, valamikor ez után kelt ki a növény, és november 27-i terepbejárásunk során már 1–3 leveles állapotú őszi búzát találtunk a táblában, és a december 1-én készült műholdkép NDVI mérése is megnövekedett értéket mutatott. Egészen december közepéig növekedett a zöld tömeg értéke, fejlődött a vetés az enyhe időben. Egy másik mezőgazdasági táblán, Onga és Arnót települések között 2018 őszi repcét vetettek (*2. ábra*). Első megfigyelésünk (2019. február 27.) alkalmával tipikus tél végi állapotban volt az állomány, sok megsárgult levéllel a növény tövével. Ennek megfelelően az NDVI értéke is ekkor érte el a minimumát a tél során. Március elejétől fokozatosan zöldült az állomány, és így az index értéke is folyamatosan növekedett egészen április közepéig. Április 22-én már teljes virágzásban találtuk a táblát, ekkor átmenetileg az index értéke is lecsökkent, május elején érte el lokális minimumát. Az elvirágzással ismét nőni kezdett az NDVI érték, ami május utolsó dekádjában volt a legmagasabb a tenyészidőszak során. Június elején elkezdődött a növény száradása, és június 28-i ottjártunkkor a becők már megsárgultak, a szár töve viszont még zöld volt. Július 10-e körül történt a betakarítás, 15-én



1. ábra: Az NDVI értékek alakulása 2019. március 1. és 2020. március 1. között a Csorba-tó 2-es táblán



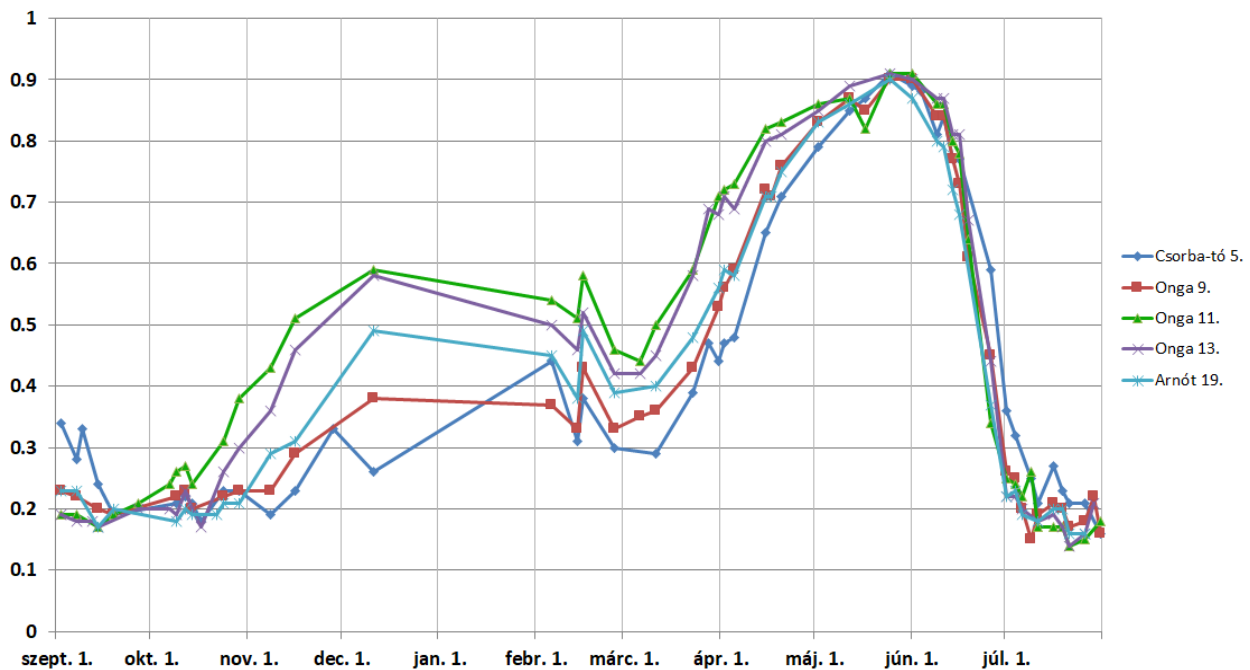
2. ábra: Az NDVI értékek alakulása 2019. március 1. és 2020. március 1. között az Onga 14-es táblán őszi káposztarepccével, majd őszi búzával

már learatott, megtárcsázott táblát találtunk. Az NDVI érték július vége felé ismét intenzíven nőni kezdett, ami az árvakelések megjelenésére utal, majd augusztus 5. és 20. között újra tárcsáztak, mert 20-ára lecsökkent az index értéke. Augusztus 29-én enyhén szármaradványos szántásról készítettünk felvételeket. Szeptember második felében történt az őszi vetés, a zöld tömeg a hónap végétől ismét intenzíven emelkedni kezdett. Október 24-én már 3–5 leveles fenológiai fázisban levő, sűrű, jó állapotú őszi búzavetés volt a területen. Az enyhe időben egészen december közepéig növekedett az NDVI értéke, ami ekkorra igen magas, 0,9-es értéket ért el, és az átlagosnál jóval enyhébb tél folyamán sem sokat veszített zöld tömegből az állomány.

#### Azonos szántóföldi kultúrák összehasonlítása a 2018–2019-es tenyészidőszakban

**Őszi búza.** Öt őszi búzával vetett táblát vizsgáltunk a vegetációs időszakban (3. ábra). Az NDVI értékekkel

együtt érdemes az adott tenyészidőszak miskolci, őszi búzára vonatkozó *agrogram*\*-ját is megnézni (4. ábra), mert így könnyen áttekinthető, hogy milyen időjárás hatott a növény fejlődésére, illetve a zöld tömegének alakulására. Az *agrogram*ról leolvasható, hogy 2018 őszen meglehetősen száraz időjárás uralkodott Miskolc térségében is. Október elején ugyan volt egy jelentősebb eső, amikor az összegzett csapadékmennyiség átmenetileg megközelítette a búza számára optimális értéket, de az ősz második felében, egészen november utolsó napjaiig jelentősen elmaradt attól, és novemberben már a talaj felső 20 cm-es rétegének nedvességtartalma is a növények számára hasznosítható mennyiség 40%-a alá csökkent, ami már kritikusan száraznak számít (*Dunay és Kalmár, 1993, Varga et al., 2008*). November végén ugyan csapadékosra fordult az idő, de december elején a lehülés is megérkezett, ezért számottevően nem fejlődhettek már az állományok. A vetés és a kelés pontos időpontját egyik tábla esetén sem ismerjük, de az NDVI alakulását ábrázoló



3. ábra: 5 különböző Miskolc környéki őszi búza-tábla NDVI értékei a 2018–19-es tenyészidőszak során

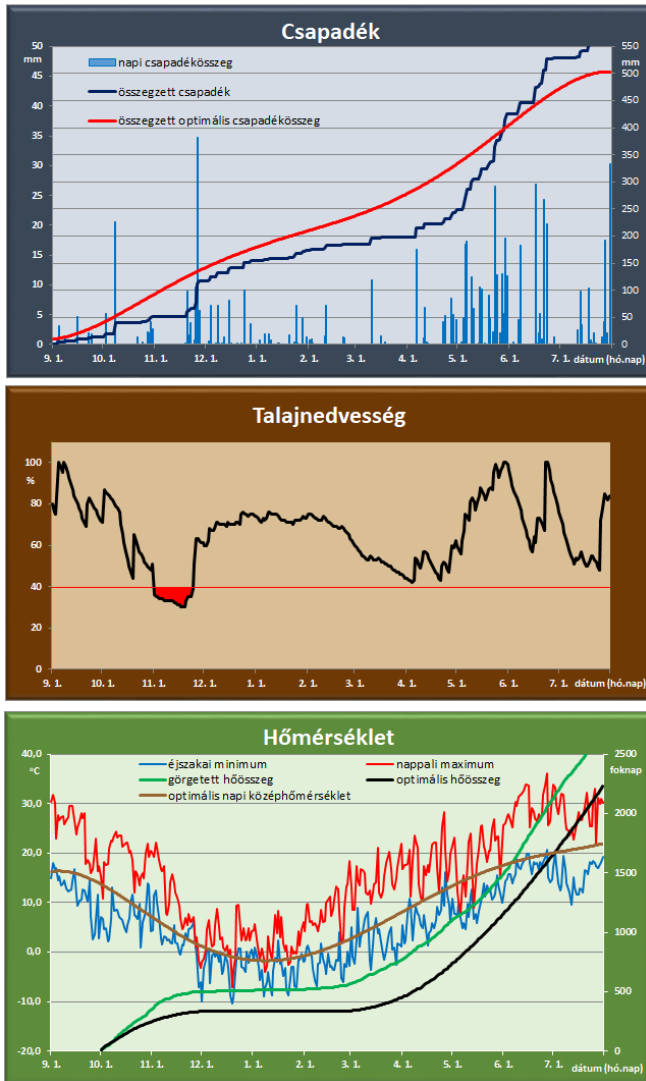
grafikonon jól látszik, hogy október második felétől – amikor a kelést körülbelül tehetjük – meglehetősen nagy különbségek alakultak ki a különböző táblák zöld tömeg értékeiben a vetés időpontjának, a kelés sűrűségének és egyöntetűségének függvényében. A korábban vett állományok jellemzően jobban meg tudtak erősödni a tél beállta előtt. Február 27-én, amikor először jártunk a területen 1–3 leveles fázisban járó őszi kalászos táblákról készítettünk fényképeket. Az agrogram szerint bár december elejére a talaj nedvességtartalma jelentősen javult, de a téli hónapok sem hoztak nagy mennyiségű csapadékot, az összegzett csapadék a tél végén is az optimális alatt alakult. Ezzel szemben a görgetett hőösszeg meghaladta az ideális értéket. Az általunk megfigyelt búzatáblák NDVI értékeiben mutatkozó különbségek még február végén is a kelés körüli eltéréseket tükrözték. A zöld tömeg jelentős növekedése, vagyis a növény fejlődése március elején indult meg. Április utolsó dekádjáig nem esett jelentősebb eső, és a száraz időben, bár minden állomány fejlődött, de a kezdeti eltérések az NDVI értékekben továbbra is megmaradtak. Április végén, május elején csapadékosra, bár ezzel együtt hűvösre is fordult az idő, és ettől kezdve az összes állomány zöld tömeg értéke közel azonossá vált. A maximumát, 0,9 körüli értéket május utolsó hetében, illetve június legelején érte el. Június 3-i ottjártunkkor minden táblán 80–90 cm magas, virágzásban lévő, szép, egyenletes állományt fényképeztünk. Június elején elkezdődött az érés folyamata, az NDVI értéke júniusban napról napra jelentősen csökkent. Az érés fenológiai fázisában a vegetációs index értéke nagyon jól mutatja a folyamat előrehaladottságát. Június 28-án a Csorba-tónál elhelyezkedő táblán még zöld részek is megfigyelhetők az állományban, és ennek megfelelően magas, 0,59 az NDVI értéke, ugyanakkor Onga mellett, a 11-es táblán már nem voltak zöld részek, az állomány a viaszérés fenológiai fázisában járt, és az NDVI értéke is csak 0,34 volt. A teljes éréskor az NDVI értéke már a csupasz talajával egyezik meg, vagyis 0,2 körüli.

Az aratásra váró és a már learatott táblák vegetációs indexe július 15-i ottjártunkkor nem mutatott számottevő különbséget. Aratás után a zöld tömeg értékének újbóli növekedése már a gyomok megjelenését jelzi.

**Kukorica.** A vizsgált hat kukoricatáblát (5. ábra) a miskolci, kukoricára vonatkozó *agrogram*\*-mal együtt tekintjük át (6. ábra). Az agrogramról leolvasható, hogy a vetést megelőző időszakban szárazság volt a területen. Április elején a talaj felső 20 cm-ének nedvességtartalma a növények számára hasznosítható vízkészlet 40%-át sem érte el, ami kritikusan száraznak számít. Április utolsó dekádjában többször is esett, de a vetés óta kumulált csapadékösszeg csak május elején érte el a kukorica optimális fejlődéséhez szükséges értékeket. Április 30-án mind a hat táblán 1–3 leveles állapotú frissen kelt növényeket találtunk, elég egységes, 0,2–0,26 közötti NDVI értékekkel. A május bőséges csapadékot hozott, ugyanakkor hűvös időt is, ekkor a növény fejlődésének fő korlátozó tényezője az alacsony hőmérséklet volt. A kukorica számára az optimálisnál hidegebb időjárás azonban nem vetette vissza a gyomok fejlődését. Májusban a korábban hasonló NDVI értékeket mutató táblák zöld tömegében jelentős különbségek keletkeztek. Az Arnót környéki 17-es tábla NDVI értéke is jelentősen megnőtt májusban, ami a gyomok elszaporodására utal, majd a területen sikeresen megfékeztek a nem kívánatos növényzet elterjedését. A Csorba-tó közelében lévő 6/1-es táblán azonban június 3-án a többinél fejletlenebb, de gázos állományt találtunk. A vegetációs index értékeinek tanúsága szerint még június első hetében ezen a táblán is elvégezték a gyomirtást, mert a hónap közepétől már hasonló értékeket mutatott, mint a többi kukorica állomány. A kukoricával vetett mezőgazdasági táblák a tenyészidőszak során a maximális NDVI értékeiket – ami 0,78 és 0,92 között volt attól függően, hogy mennyire sűrűn kelt a növény – június utolsó hetében érték el. A címerhányás időszakában kis visszaesés következett be az értékekben, de a július má-

## Agrogram - őszi vetések

Miskolc - 2018-2019.



4. ábra: Őszi búzára vonatkozó agram Miskolc térségére a 2018–19-es tenyészidőszakra

sodik felét jellemző csökkenés az átmeneti csapadékhiánynak tudható be. A hónap végi esők hatására július–augusztus fordulóján megfigyelhető egy másodlagos maximum a vegetációs index értékeiben. Augusztus elejétől a legtöbb táblán lassú száradásnak indult a kukorica. A száradás ütemétől függően augusztusban ismét nagyobb eltérések alakultak ki az egyes állományok NDVI értékeiben. Az augusztus végi megfigyeléseink szerint minden táblán a viaszérés fenológiai fázisában járt a kukorica, de különböző mértékben száradtak el az egyes állományok. A Csorba-tó 6/1-es táblán még a kezdetén járt a száradási folyamat, az NDVI értéke is 0,72 volt ebben az időszakban, de például az Onga 16/1-es és 16/2-es táblákon már 2/3 részben száraz volt az állomány és ennek megfelelően az NDVI értékük is csak 0,49 és 0,42 volt. Az érési folyamat végére, szeptember második felére jellemzően 0,3 körüli értékekre csökkent le a vegetációs index értéke. Október 24-re a hat táblából négy helyen már le volt aratva a kukorica, kettőn még nem. Az NDVI értékeikben ettől függetlenül már nem volt számottevő különbség, legfeljebb annak kapcsán, hogy két táblán már megjelent a gyomosodás.

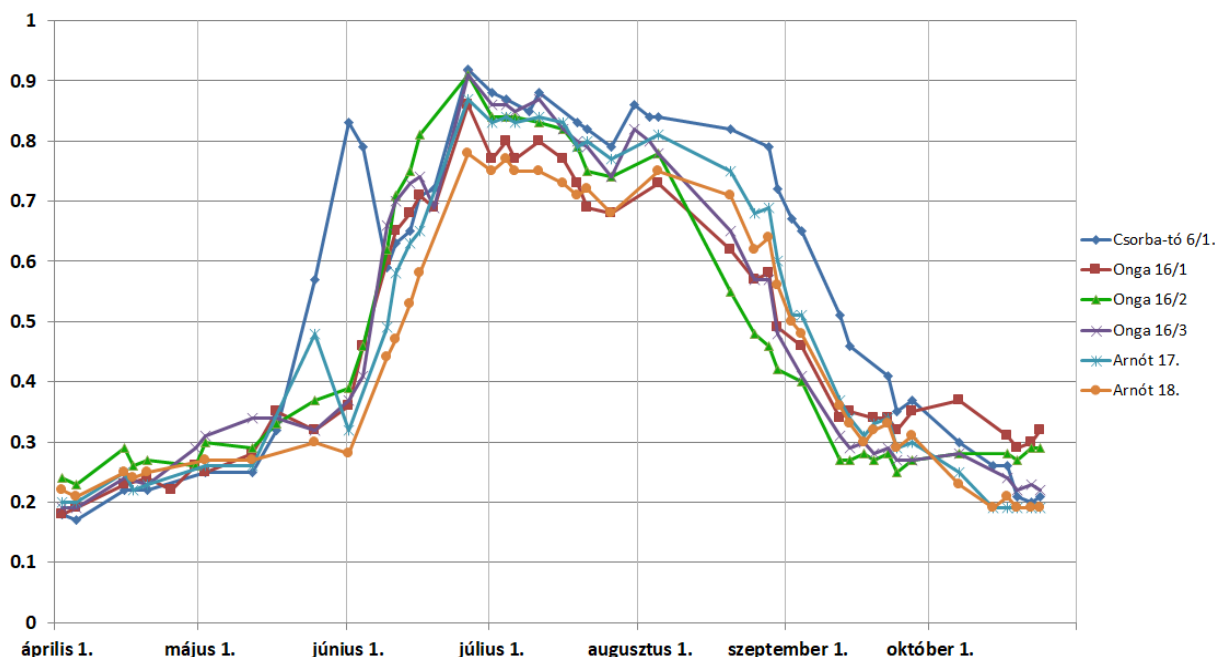
A kukoricával vetett mezőgazdasági táblák megfigyelése és NDVI értékeik összevetése kapcsán azt állapítottuk meg, hogy a vegetációs index értéke függ az állomány sűrűségétől, ritkábban kelt állományok esetén a tenyészidőszak fejlődési szakaszában mindvégig alacsonyabb marad az érték. Az érés kezdetétől, mikor már veszt zöld tömegéből a növény, ez a különbség eltűnik. Nem függ azonban a vegetációs index értéke az állomány magasságától: sem a különböző táblák összevetésében, de egy állományon belül sem akkor érte el a vegetációs index a maximumát, amikor a legmagasabb volt a növény.

Az NDVI értékének vizsgálata során mindig számolni kell azzal, hogy az adott területen nem feltétlenül csak a vetett növény van jelen, a nemkívánatos gyomok megjelenése megtévesztő lehet. A növény adott fenológiai fázisában nagyon különböző NDVI értékekkel rendelkezhet különösen a növekedés időszakában, amikor az index értéke erősen függ a kelés sűrűségétől.

**Repce.** Repcét 2018-ban az általunk megfigyelt mezőgazdasági táblák közül 6 helyen vetettek (7. ábra). Amíg az állomány kicsi, addig az NDVI értékek közti különbségeket a vetésből, illetve a kelésből adódó különbségek adják. A 12-es táblát nagy sortávval vetették, a 14-es tábla esetén pedig hiányos a kelés, ez magyarázza a zöld tömeg mennyiségének elmaradását a többi állományhoz képest a tenyészidőszak első felében. A kelés ideje az NDVI tanúsága szerint szeptember első felére esett, leg hamarabb az Onga 14-es táblán kelt ki a növény. Miskolc térségében 2018 őszen elég száraz, de meleg időjárás volt jellemző. A még kimondottan jó talajnedvességi viszonyok közt elvetett repce a kelés után nem sokkal elég magas NDVI értékeket ért el a legtöbb táblán. Ebben ugyan volt egy kis megtorpanás, de egy október eleji nagyobb mennyiségű eső sokat segített az állományok fejlődésén. November elejétől a hónap utolsó hetéig a talaj felső rétege ugyan már kritikus mértékben kiszáradt, ekkorra azonban a legtöbb táblán már elég magas 0,75 és 0,9 közötti értékeket vett fel az index értéke, vagyis az állományok igen fejlett állapotba kerültek.

November végén ugyan megérkezett a nedvesség-utánpótlás a talajba, de ezzel csaknem egyidőben hidegebbre is fordult az idő, így ekkortól március elejéig fokozatosan veszítettek zöld tömegükből az állományok, legnagyobb mértékben februárban, a lokális minimumot (0,4–0,65) február március fordulóján érték el. Az átlagosnál ugyan kissé szárazabb, de melegebb tél során valamelyest feltöltődött nedvességgel a talaj, és március elejétől április közepéig folyamatos növekedés volt megfigyelhető valamennyi állomány zöld tömeg mennyiségében. Az NDVI értékek alapján jól látszik, hogy április második felében kezdett el virágozni a repce, ekkor a hónap közepi 0,8–0,9 közötti értékekről 0,5–0,65 közé csökkent az index. A virágzás után, május utolsó dekadjára valamennyi általunk megfigyelt repce állomány elérte zöld tömegének érés előtti maximumát, 0,85 és 0,9 közötti értéket. Ekkorra eltűntek a táblák közötti korábbi különbségek, virágzás után a nagy sortávval vetett növény zöld tömege, illetve az egyenetlenül kelt, majd fejlődött állomány zöld tömege ugyanolyan magasnak adódott, mint a többi állományé.

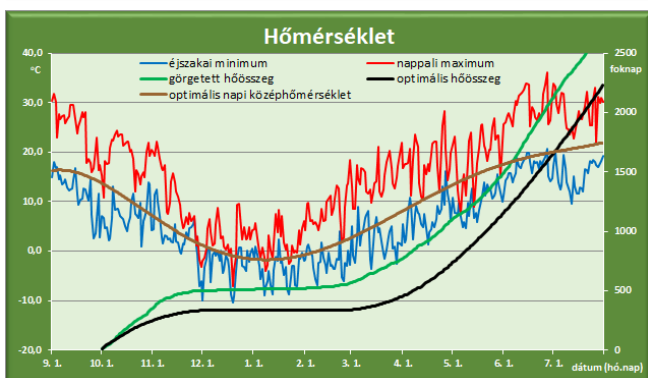
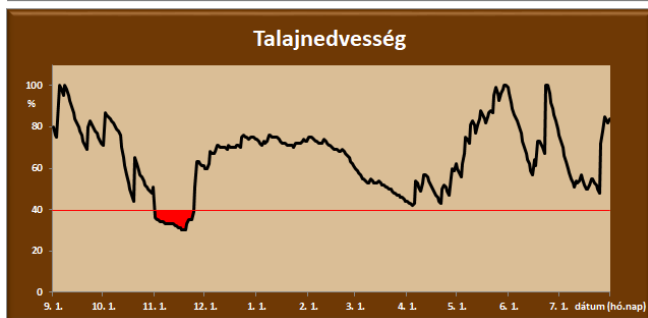
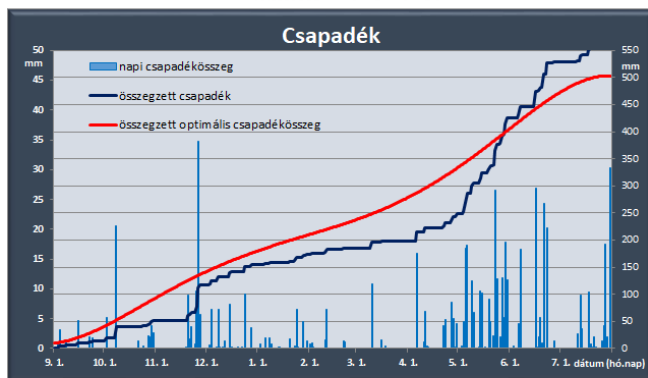
Ennek oka abban keresendő, hogy a 2-nél kisebb nö-



5. ábra: 6 különböző Miskolc környéki kukoricatábla NDVI értékei a 2019-es tenyészidőszak során

## Agrogram - őszi vetések

Miskolc - 2018-2019.

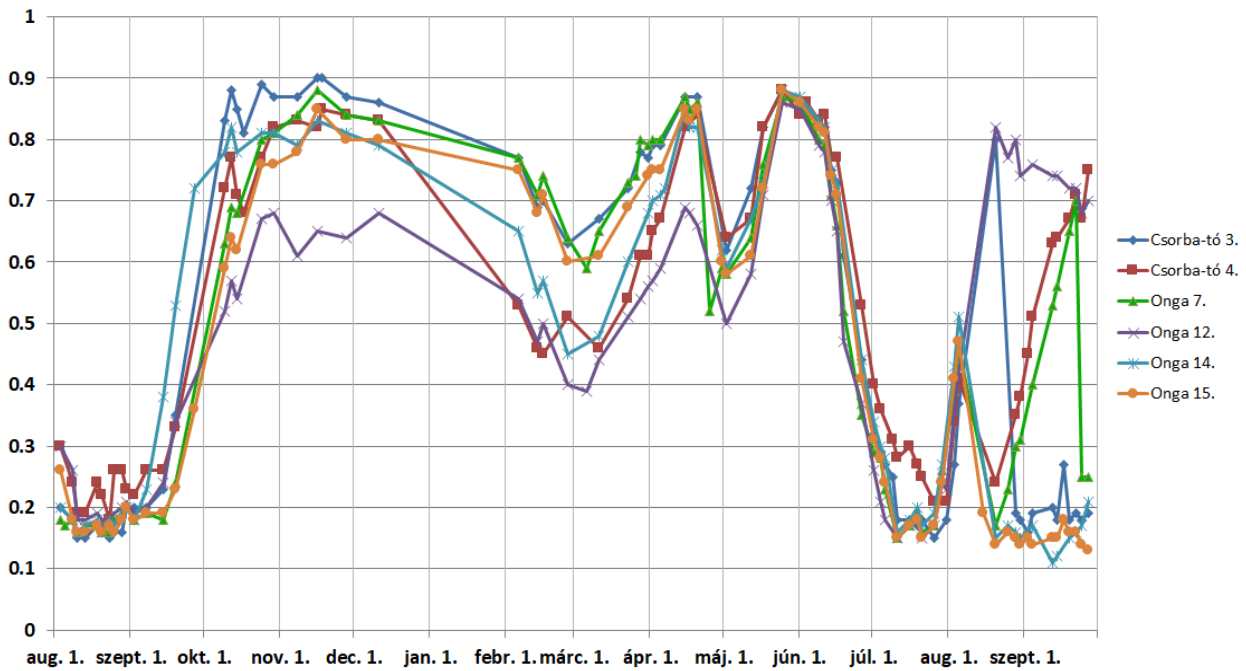


6. ábra: Őszi búzára vonatkozó agrogram Miskolc térségére a 2018–19-es tenyészidőszakra

vényfelületi indexű (LAI) növényállományokban az NDVI index érzékeny indikátora a zöld növényborítottságnak, a növényi struktúrának és a kémiai összetételnek (zöld biomassza, zöld levélfelületi index, klorofill tartalom, levél nitrogén tartalom), ennél sűrűbb növényzetnél azonban már nem. Június elején elkezdődött az érés folyamata, a hónap végére egyes állományok már egyáltalán nem rendelkeztek zöld levéllel, a becők nagy része ekkorra már elszáradt. Július 15-re a legtöbb helyen learatták a repcét, az NDVI értéke ekkor kevéssel 0,2 alatt alakult. A Csorba-tó 4-es elnevezésű táblán azonban még nem történt meg az aratás, bár az állomány már teljesen érett volt, itt a vegetációs index értéke 0,3-nek adódott. A learatott, megtárcsázott táblákon már augusztus elején 0,4 fölé emelkedett az NDVI értéke, ami az árvakelések, illetve a gyomok megjelenésére utal. Augusztus és szeptember folyamán a megfigyelt táblák vegetációs index értékei már nagyon különbözően alakultak a gyomok mennyiségének, illetve az utolsó tárcsázás időpontjától eltelt időnek a függvényében.

**\*Agrogram.** Az őszi vetésű kalászosok számára ideális, illetve a tényleges időjárási paraméterek (csapadék, talajnedvesség, hőmérséklet) összevetése látható az agrogramnak elnevezett ábrán. A legfelső, a csapadékot ábrázoló grafikonon megjelenik a napi csapadék (bal oldali tengelyen), az időszak során összegzett és a növény számára optimális összegzett csapadék (jobb oldali tengelyen). Így jól látszik a két utóbbi érték közötti eltérés, ami a csapadékhiányt vagy -többletet mutatja. A talajnedvesség ábrán a növények számára felvehető hasznos vízkészlet százalékában vannak megadva az értékek. Szeptember és október hónapokban a talaj felső 20 cm-es rétegét, a későbbiekben a felső 50 cm-es rétegét ábrázoljuk. A már kritikusnak tekinthető 40%-os érték alatti időszakot pirossal emeljük ki. A hőmérséklet ábrán a napi hőmérsékleti szélsőértékek mellett a növény számára optimális napi középhőmérsékletet (bal oldali tengelyen), valamint a görgetett hőösszeget (2





7. ábra: 6 különböző Miskolc környéki őszi káposztarepce tábla NDVI értékei a 2018–19-es tenyészidőszak során

Celsius fokos bázissal) és ennek optimális értékeit mutatjuk be (jobb oldali tengelyen). A kukoricára vonatkozó agrogram az erre a növényre jellemző optimális értékekhez viszonyítja a ténylegesen mért környezeti adatokat a növény vegetációs időszakában. A talajnedvesség május 15-ig a felső 20 cm-es, majd ez után a felső 50 cm-es réteg nedvességét mutatja. A hőösszeget 10 Celsius fokos bázishőmérséklettel számítjuk.

**Összegzés.** Vizsgálataink során együttesen figyeltük meg adott mezőgazdasági táblákon a különböző növényi állományok fejlődését és az NDVI vegetációs index alakulását. Ennek során vizsgáltuk, hogy az egyes szántóföldi növényi kultúrák, mint például az őszi búza, őszi káposztarepce, tavaszi árpa vagy kukorica a fejlődésének különböző fenológiai fázisaiban jellemzően milyen NDVI értékeket mutat, illetve a tenyészidőszak során mikor és milyen értékeken veszi fel az index a maximumát, mikor és milyen értékek melletti lokális maximumok, illetve minimumok jellemzik. Ennek alapján lehet az NDVI értékekből az állomány vízellátottságára, egészségére vonatkozó következtetéseket levonni, az optimális NDVI értékektől való eltérések okát keresni. Egy-egy mezőgazdasági táblát vizsgálva az NDVI index értéke jól tükrözi a növény fenológiai fázisát, az adott fázis, például a virágzás vagy az érés előrehaladottságát. Túl magas érték jelezheti a gyomok megjelenését akár a kultúrnövény állományában, akár aratás után a már megtárcsázott vagy szántott területen. Az NDVI vegetációs index táblaszintű megfigyelése során arra jutottunk, hogy a ritkábban kelt állományok esetén a tenyészidőszak során mindvégig alacsonyabb marad az index értéke, mint a sűrűbben kelt állományoknál, tehát ezt figyelembe kell venni az index menetéből levont következtetéseknél. Nem függ azonban a vegetációs index értéke az állomány magasságától.

A rendelkezésre álló nagy felbontású adatokból már nemcsak az egyes táblák közötti különbségek, hanem a táblákon belüli inhomogenitások is jól megfigyelhetők.

## Irodalom

- Cihlar, J., St.-Laurent, L and, Dyer, J. A., 1991: Relation Between the Normalized Difference Vegetation Index and Ecological Variables. *Remote Sensing of Environment* 35, 279–298
- Dunay, S. és Kalmár, E., 1993: A talajvízszint szerepe a talajok vízháztartásában. *Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok*. 1, 43–84.
- Evans, S. G., Small, E. E. and Larson, K. M., 2014: Comparison of vegetation phenology in the western USA determined from reflected GPS microwave signals and NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, 35:9, 2996–3017.
- Field, C. B., Randerson, J. T. and Maimstrom, C. M., 1995: Global net primary production- Combining ecology and remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 51, 74–88
- Gutman, G. and Ignatov, A., 1997: Satellite-derived green vegetation fraction for the use in numerical weather prediction models. *Advanced Space Research*, 19, 477–480.
- Goward, S. N., Tucker, C. J. and Dye, D. G., 1985: North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetatio*, 64, 3–14.
- Goward, S. N. and Dye, D. G., 1987: Evaluating North American net primary productivity with satellite observations. *Advances in Space Research* 7, 165–174.
- Goward, S. N., Kerber, A., Dye, D. G. and Kalb, V., 1987: Comparison of North and South American biomes from AVHRR observations. *Geocarto* 2, 27–40.
- Hunsaker, D. J., Pinter, P. J. and Kimball, B. A., 2005: Wheat basal crop coefficients determined by normalized difference vegetation index. *Irrigation Science* 24, 1–14.
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Holben, B. N. and Tucker, C. J., 1985: Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 6, 1271–1381.

- Kamble, B., Kilic, A. and Hubbard, K., 2013: Estimating Crop Coefficients Using Remote Sensing-Based Vegetation Index. *Remote Sensing* 5, 1588–1602.
- Montandon, L. M. and Small, E. E., 2008: The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. *Remote Sensing of Environment* 112, 1835–1845.
- Price, J. C., 1993: Estimating leaf area index from satellite data. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing* 31, 727–733.
- Price, J. C., and Bausch, W. C., 1995: Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. *Remote Sensing of Environment* 52, 55–65.
- Prince, S. D. and Goward, S. N., 1995: Global primary production: A remote sensing approach. *Journal of Biogeography* 22, 815–835.
- Qi, J., Kerr, Y. H., Moran, M. S., Weltz, M., Huete, A. R. and Sorooshian, S., 2000: Leaf area index estimates using remotely sensed data and BRDF models in a semiarid region. *Remote Sensing of Environment* 73, 18–30.
- Soudani, K., Hmimina, G., Delpierre, N., Pontailleur, J.-Y., Aubinet, M., Bonal, D., Caquet, B., de Grandcourt, A., Burban B., Flechard, C., Guyon, D., Granier, A., Gross, P., Heinesh, B., Longdoz B., Loustau, D., Moureaux, C., Ourcival, J.-M., Rambal, S., Saint André, L. and Dufrene, E., 2012: Ground-based network of NDVI measurements for tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different biomes. *Remote Sensing of Environment* 123, 234–245.
- Tucker, C. J., Townshend, J. R. G. and Goff, T. E., 1985: African land-cover classification using satellite data. *Science* 227, 369–375.
- Tucker, C. J., Fung, I. Y., Keeling, C. D. and Gammon, R. H., 1986: Relationship between CO<sub>2</sub> variation and a satellite-derived vegetation index. *Nature* 319, 195–199.
- Varga-Haszonits, Z., Varga, Z., Lantos, Zs., Enzsölné, G. E. és Milics, G., 2008: A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és talajtan* 57, 7–18.
- Zhang, Y., Han, W., Niu, X. and Li, G., 2019: Maize Crop Coefficient Estimated from UAV-Measured Multispectral Vegetation Indices. *Sensors* 19, 5250.

## KISLEXIKON

### POCKET ENCYCLOPAEDIA

#### Sarkadi Noémi

Pécsi Tudományegyetem, TTK, FFI, [sarkadin@gamma.ttk.pte.hu](mailto:sarkadin@gamma.ttk.pte.hu)

**Aeronautika** <gör.+lat.> a légi járművek tervezésével, működésével és mozgásával foglalkozó tudományág. (Baranka Györgyi: *Történelmi Arcképek*)

**Agrogram** <lat.+gör.> mezőgazdasági kultúrák számára az ideális, illetve a tényleges időjárási paramétereket (csapadék, talajnedvesség, hőmérséklet) együttesen bemutató ábra. Felül a csapadékot ábrázoló grafikonon megjelenik a napi csapadék (bal oldali tengely), az időszak során összegzett és a növény számára optimális csapadékösszeg (jobb oldali tengely). A középső ábra a talajnedvesség alakulását mutatja. Az alsó ábrán a napi minimum és maximum hőmérséklet, az optimális napi középhőmérséklet (bal oldali tengely), a tényleges és az ideális hőmérsékletösszeg (jobb oldali tengely) van feltüntetve. (Erdődiné Molnár Zsófia és Kovács Attila: *SENTINEL-2 NDVI értékek táblaszintű vizsgálata különböző növénykultúrákban.*)

**Aviatika** <lat el.>, ~ *repüléstan*, a repülés elméletével, az ember alkotta repülő szerkezetekkel foglalkozó tudományág. (Baranka Györgyi: *Történelmi Arcképek*)

**Csőbőr modell**, *bucket model*, a talaj és növényzet vízforgalmát leíró egyszerű modell. A modellben egy 1 m mély és 1 m<sup>2</sup> alapterületű talajtömböt tekintünk, amelyben a növényzet számára felvehető vízmennyiség 100 mm. A csőbőr vízháztartását a csapadék és a párolgás viszonya határozza meg, azzal a feltétellel, hogy nincs benne oldalirányú mozgás, és vízvesztés nem érheti lefelé irányuló vízárammal. A csőbőr aljába az alsóbb rétegekből viszont áramolhat nedvesség. (Szalai Viktor, Weidinger Tamás és Dezső József: *Párolgásbecslések hazai spárga- és szőlőültetvényeken*)

**Éjszakai világító felhők**, *noctilucent clouds, NLC*, 80–90 km-es magasságban kialakuló felhők, kozmikus eredetű porszemcsékre, vagy mikrometeoritokra fagyott vízpára. A felhőről visszaverődő napfény az igen apró jégkristályokon történő szóródás és az ózonréteg hullámhossz függő fényelnyelése miatt általában kékes árnyalatú. Elsősorban napnyugta után/napkelte előtt kb. 1 órával, és inkább az 50°–65° szélességi körök között lehet megfigyelni őket. (Évszakos Fotógaléria)

**Ködív**, *fog bow, cloud bow*, látványos elhajlási jelenség, amelynek feltétele kisméretű (10–100 µm), egyenletes méretű és eloszlású vízcseppek jelenléte. A fényforrással átellenes oldalon, a ködöt alkotó apró vízcseppek felületén a fény elhajlást szenved. A jelenség a fény hullámhosszának függvénye, a szivárvánnyal rokon látványos jelenség. (Évszakos Fotógaléria)

**Naposzlop**, *light pillar*, olyan oszlopszerű fényjelenség, ami nagyméretű, lap alakú kristályokról történő visszaverődés következtében alakul ki. A halójelenség kialakulási körülményeihez hasonló feltételek mellett fordul elő. Főként napkelte és napnyugta körül jelentkezik. Az oszlop hossza átlagosan 5–10°. (Évszakos Fotógaléria)

**NEOWISE üstökös** <röv., ang.>, *C/2020 F3 (NEOWISE)*, egy hosszú periódusú szabad szemes, közel parabolikus pályán keringő égitest. 2020. március 27-én fedezték fel a NASA NEOWISE (Near Earth Objects-Wide-field Infrared Survey Explorer) programja keretében. 2020. július 3-án 50 millió kilométerre volt napközben, 0,5 magnitúdó körüli fényességgel. 2020 egész júliusában látható volt, 23-án volt Föld közelben, 70 millió kilométernyi távolságban. (Évszakos Fotógaléria)

**Peremfelhő**, *arcus cloud*, a zivatarláncok (*squall line*) jellemző felhőfajtája. A zivatarfelhőhöz kapcsolódó kifutószél (*gust front*) emelkedésre kényszeríti az előtte levő meleg, nedves levegőt. A zivatarfelhő szerves része, attól nem különül el. (Évszakos Fotógaléria)

## AZ ÁTLAGOS SZÉLSEBESSÉG NAPI VÁLTOZÁSÁNAK STATISZTIKAI BECSLÉSE

### STATISTICAL ESTIMATION OF DAILY CHANGE IN AVERAGE WIND SPEED

Tar Károly

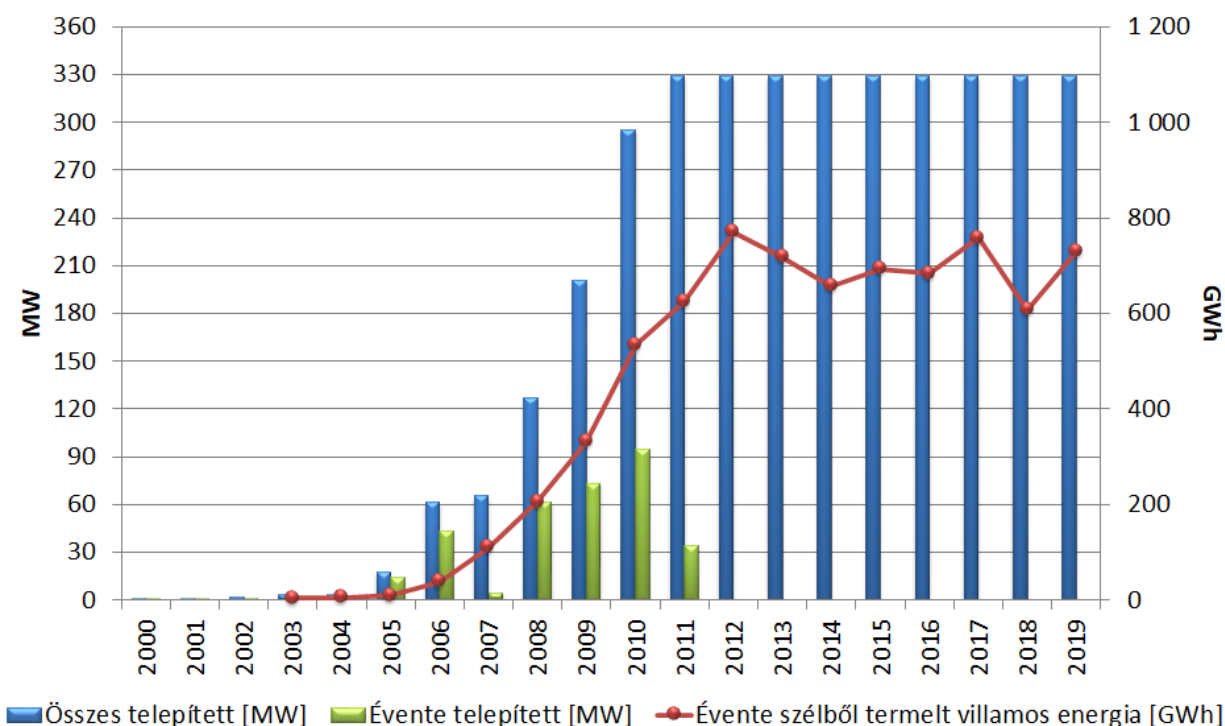
Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1., [tarko47@gmail.com](mailto:tarko47@gmail.com)

**Összefoglalás.** A szélenergia villamosenergia-hálózatokba történő integrálásának igen fontos eleme az ún. menetrend elkészítése, ami a következő napon megtermelt áram rövid időszakokra eső mennyiségének becslését jelenti. Ehhez segítséget jelenthet, ha meg tudjuk mondani a másnapi átlagos szélsebesség (és vele együtt a napi átlagos szélteljesítmény) csökkenésének vagy növekedésének valószínűségét. A bemutatott statisztikai módszer lehetővé teszi, hogy a mai nap és egy statisztikailag elegendő hosszúságú időszak átlagos szélsebességének relációjából kb. 65–68% biztonsággal becsljük a következő napi átlagos szélsebesség változás előjelét.

**Abstract.** A very important element of the integration of wind energy into electricity networks is the preparation of so-called schedule, which means estimating the amount of electricity produced the next day for short periods. This can be helped by being able to tell the probability of a decrease or increase in the average wind speed the next day (and with it the average daily wind power). The presented statistical method allows estimating the sign of the next day's average wind speed change with 65–68% confidence.

**Bevezetés.** Magyarországon jelenleg 329,325 MW a telepített szélenergia kapacitás, 39 helyszínen összesen 172 szélenergia-működik. Az 1. ábrán bemutatjuk az évente telepített és az évenkénti összes telepített kapacitást, valamint az évente termelt villamos energia mennyiségét a 2000–2019 időszakban. A magyarországi szélenergia hasznosítás folyamatáról és e folyamat értékeléséről bővebben Tóth és Bíróné Kircsi (2013, 2014, 2015) munkáiban olvashatunk. A szélenergia villamosenergia-hálózatokba történő integrálásával pontos szélsebesség-előrejelzések szükségesek a tervezhető termelés és a tarifák ütemezéséhez a villamosenergia-piacon (Bremnes et

al., 2002; Kavasseri and Seetharaman, 2009; Shukur and Lee, 2015). Ennek a folyamatnak igen fontos eleme a szélenergia-működőket működtető egyik nehezen megoldható problémája az ún. „menetrend” elkészítése. Ez a következő napon megtermelt áram rövid időszakokra eső mennyiségének becslését jelenti. A szélsebesség és a szélenergia becslése, előrejelzése és ezek verifikálása általában egy hosszabb-rövidebb előző időszak szélstatisztikáin alapszik. Ebből következően a dinamikus módszerek mellett lényeges szerepet játszanak a tisztán statisztikai modellek is. Ezek áttekintését olvashatjuk Aggarwal and Gupta (2013) munkájában.



1. ábra: Az évente telepített és az összes telepített szélenergia kapacitás (MW), valamint az évente termelt villamos energia mennyisége (GWh) Magyarországon ([www.mekh.hu](http://www.mekh.hu))



2. ábra: Az adatbázist biztosító meteorológiai állomások földrajzi elhelyezkedése

A menetrend összeállításában segítséget jelenthet, ha meg tudjuk mondani a másnapi átlagos szélesség (és vele együtt a napi átlagos szélteljesítmény) csökkenésének vagy növekedésének valószínűségét, vagy azt, hogy e két valószínűség közül melyik a nagyobb. Erre alkalmas az általunk kidolgozott matematikai statisztikai módszer, amelynek alapjait előző munkáinkban raktuk le (Tar és Puskás, 2010ab, Tar, 2011, 2014ab, Puskás et al., 2014, Tar, 2015, Tar et al., 2015, Lázár, 2015, Tar és Lázár, 2016, Tar et al., 2016). Legutóbbi tanulmányunkban (Tar és Lázár, 2018) pedig ismertettük a modell felépítésének folyamatát, amelynek végső formája lehetővé teszi a következő napi átlagos szélesség-változás előjelének és a holnapi átlagos szélesség nagyságának a mai nap átlagos szélességéből történő becslését bizonyos egybefüggő időszakokban (évszak, év) és különböző időjárási helyzetekben (makro-szinoptikus helyzetek) vagy azok átmenetei esetében.

A napi átlagos szélesség napról napra történő megváltozásának statisztikai szerkezete azonban további lényeges információt tartalmaz hazánk szélklimájáról is. A következőkben a módszer alapjainak rövid összefoglalása után a modell azon részét részletezzük, amely a következő napi átlagos szélesség csökkenésének vagy növekedésének valószínűségére vonatkozó statisztikai karakterisztikák struktúrájára vonatkozik.

**Adatbázis.** Vizsgálatunk adatbázisát kilenc hazai meteorológiai állomás (2. ábra) napi átlagos szélességei ké-

1. táblázat: A feldolgozható napok aránya az időszak összes napjához viszonyítva (%) és a 10 m-es átlagos szélessége ( $v_p$ )

	%	$[v_p]$ , m/s
Szombathely	99,1	2,9
Győr	99,8	2,4
Pécs	99,8	2,7
Budapest	99,9	2,4
Szeged	99,8	3,1
Kékestető	98,6	3,5
Miskolc	99,9	2,4
Békéscsaba	99,2	2,6
Debrecen	99,7	2,9

pezik az 1991–2010 időszakban. Az adatokat egy szabádon hozzáférhető honlapról ([www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html)) töltöttük le. Egy más jellegű vizsgálat kapcsán összevetettük 10 év (1990–2000) OMSZ-tól kapott és a fenti honlapról letöltött napi átlagos szélességeket. A vizsgálat azt mutatta, hogy ugyanazokról az adatokról van szó. Az adatsorok nem minden állomáson tekinthetők homogénnek, mivel a két évtizedben több helyen történt műszer-áthelyezés, ami általában az anemométer magasságának megváltozásával járt. A napi átlagos szélesség változását leíró kiinduló paraméterünk sebességfüggő, azaz függ az anemométer magasságától. Statisztikai jellemzői is csak akkor alkalmasak területi, időbeli összehasonlításra, ha az állomások mért napi átlagos szélességei egy referencia szintre, a szélmérés szabályos magasságára vonatkoznak. Ezért az idősorok állomásonkénti homogenizálása és állomások eredményeinek összehasonlíthatósága miatt a napi átlagos szélességeket minden állomáson 10 m-re transzformáltuk. Ehhez a

$$v_h = v_{10}(0,233 + 0,656 \lg(h + 4,75)) \quad (1)$$

úgynevezett WMO-s összefüggést (Mezősi és Simon, 1981) használtuk fel, amelyben a  $h$  az anemométer magasságát, a  $v_h$  az ottani, a  $v_{10}$  pedig a 10 m-es napi átlagos szélességet jelenti. Persze ezzel csak a magasságbeli különbségeket sikerült eliminálni, a régi és az új mérőhely környezetének különbözőségéből származó eltéréseket nem.

**A napi átlagos szélesség naponkénti megváltozásának statisztikája.** A napi átlagos szélesség napról napra történő változását most csak a

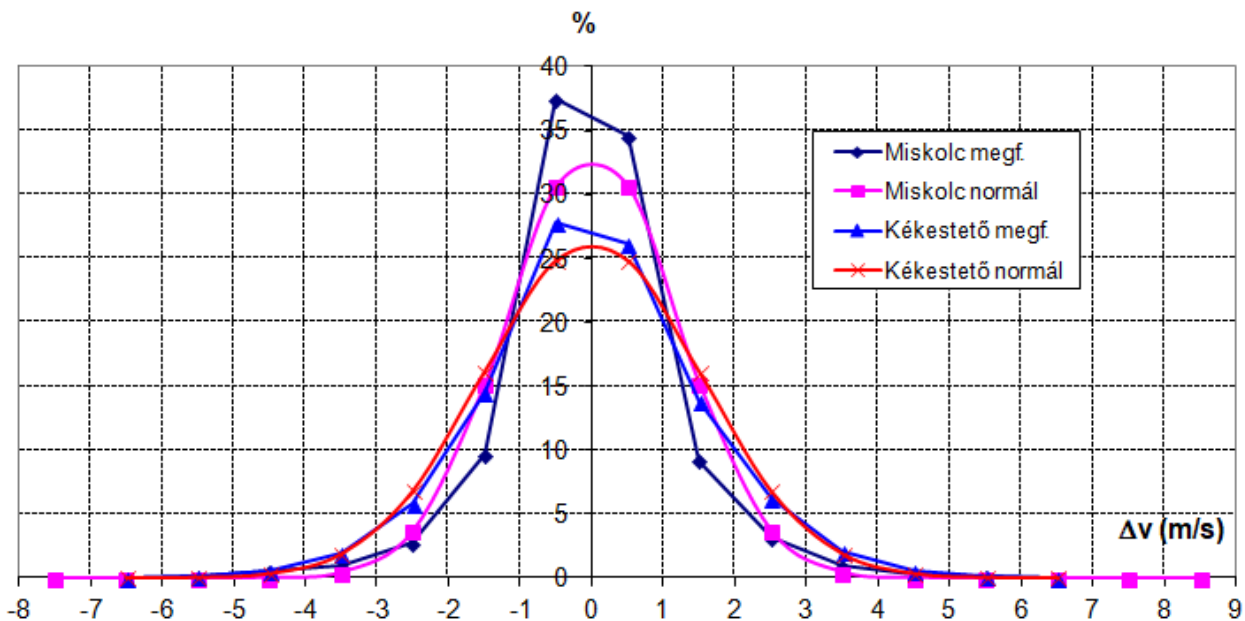
$$\Delta v = v_n - v_p \quad (2)$$

mennyiséggel jellemezzük. Itt a  $v_p$  a mai nap,  $v_n$  pedig a következő nap átlagos szélessége 10 m-en. Mértékegysége így m/s. (A  $\Delta v$  és a  $v_p$  hányadosa a  $\Delta v_r$  relatív változás, ami mértékegység nélküli és megközelítőleg független a szélmérés, az anemométer magasságától.) Mivel a  $\Delta v$  mennyiség egy speciális struktúrájú valószínűségi változó megfigyelt értéke, így a legfontosabb statisztikai függvényeit részletesebben elemezzük.

Elemzéseink eredményeit most csak a teljes időszakra mutatjuk be. A vizsgált 20 év 7305 naphól áll.

2. táblázat: A napi átlagos szélesség naponkénti megváltozásának alapstatisztikái

	szórás m/s	minimum m/s	maximum m/s	terjedelem m/s	ferdeség	csúcsos- ság
Szombathely	1,82	-10,03	9,25	19,28	0,059	2,97
Győr	1,35	-9,69	10,25	19,94	-0,040	2,38
Pécs	1,33	-5,92	6,53	12,45	0,018	1,49
Budapest	1,12	-6,22	5,01	11,23	0,021	1,97
Szeged	1,53	-7,51	7,22	14,73	-0,049	1,08
Kékestető	1,52	-6,99	6,25	13,24	0,015	0,84
Miskolc	1,19	-7,61	8,23	15,84	0,074	4,13
Békéscsaba	1,22	-6,20	6,84	13,04	-0,027	1,81
Debrecen	1,45	-8,12	6,14	14,26	0,055	1,23



3. ábra: A  $\Delta v$  legcsúcsosabb (Miskolc) és leglaposabb (Kékestető) empirikus és a normál eloszlással közelített gyakorisági eloszlása

Majdnem minden állomáson vannak azonban olyan napok, amikor nincsenek mért értékek. Egy hiányzó nap további két feldolgozhatatlan napot generál a  $\Delta v$  (1) definíciója szerint. A feldolgozható napoknak az időszak összes napjához viszonyított arányát (%) és a 10 m-es átlagos szélességét az 1. táblázatban közöljük. Utóbbiak jó egyezést mutatnak a Bartholy et al. (2003) munkájában lévő térképpel, az eltérések a felhasznált állomások számából és a vizsgált időszakok hosszából adódhatnak.

**Alapstatisztikák, eloszlások.** Belátható, hogy a  $\Delta v$  átlaga igen jó közelítéssel 0 m/s-nak vehető minden állomáson. Nem alkalmas tehát az időbeli és térbeli változások jellemzésére. Az idősorok elemzése szerint a medián értéke ugyancsak 0 m/s, a módusz pedig (a gyakorisági eloszlásokból meghatározva) -0,5 m/s minden állomáson. A többi alapstatisztika értékeit az 2. táblázat tartalmazza. A  $\Delta v$  változékonyságát jellemző két karakterisztika, a szóráss és a terjedelem minimális értéke Budapesten figyelhető meg, maximuma viszont Szombathelyen, ill. Győrben. A két extrém érték között azonban különböző az állomások sorrendje, összefüggésük tehát nem vizsgálható. Külön-külön sem vonható le semmiféle orográfiai elrendezés.

Az átlag, a medián és a módusz fentebb felsorolt értékei alapján a  $\Delta v$ -t normális eloszlásúnak feltételezhetjük. Ezt a ferdeségi együtthatók 0-hoz közeli értékei is megerősítik, azaz, hogy egy szimmetrikus eloszlással van dolgunk. A csúcsossági együtthatók értékei azonban ellentmondanak ennek a hipotézisnek. Ez a paraméter normális eloszlás esetén 0, a pozitív értékek viszonylag csúcsos, a negatív értékek viszonylag lapos eloszlást jelentenek. A  $\chi^2$ - és a Kolmogorov-Szmirnov-próba (Dévényi és Gulyás, 1998) szerint a normál eloszlással való közelítés egyik esetben sem volt sikeres.

A 3. ábrán együtt ábrázoltuk a  $\Delta v$  legcsúcsosabb (Miskolc) és leglaposabb (Kékestető) megfigyelt (empirikus) és a normál eloszlással közelített (elméleti) gyakorisági

eloszlását. Látható, hogy az empirikus és az elméleti gyakoriságok közötti különbség a móduszt tartalmazó intervallumban a legnagyobb.

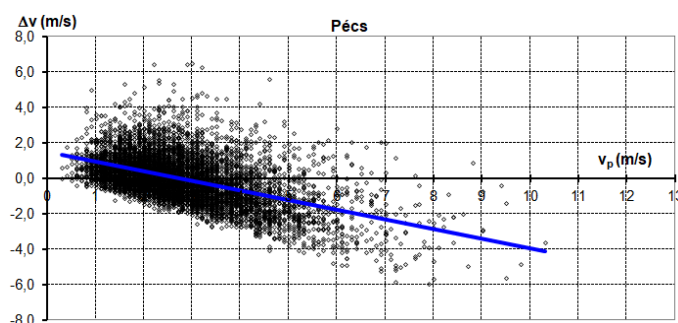
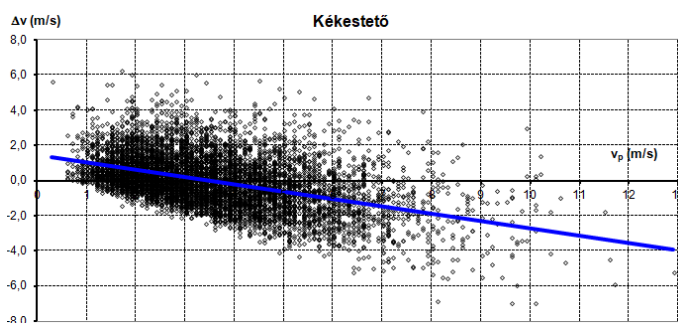
Az ábra azt sugallja, hogy a csúcsossági együttható és a relatív gyakoriság a móduszt tartalmazó intervallumban összefügg. Ezt csak az extrém értékek esetében sikerült megállapítani: mindkettő minimuma Kékestetőn van (0,84; 27,8%), ezután mindkettőnél Szeged következik (1,08; 27,8%), a maximum pedig Miskolcon van (4,13; 38,5%).

A móduszt tartalmazó  $-(-1,0)$  m/s – intervallumban megfigyelt gyakoriságok szerint a 9 állomás három csoportra osztható. Ez a gyakoriság 28% körüli Kékestetőn, Szegeden és Szombathelyen, kb. 30 és 32% között van Debrecenben, Pécsen és Győrben, kb. 34 és 37% között van Békéscsabán, Budapesten és Miskolcon. Adódik a kérdés: vannak-e olyan állomások, amelyeken az empirikus eloszlások statisztikailag egyformának tekinthetők, azaz ugyanazzal az (egyelőre ismeretlen) elméleti eloszlással közelíthetők? A kérdésre a választ a  $\chi^2$ -próbaival elvégezhető homogenitás vizsgálat (Dévényi és Gulyás, 1998) adja meg. A próbát elvégezve a következő eredményt kaptuk: Győr és Pécs, Szeged és Kékestető, Kékestető és Debrecen eloszlása 0,10 szignifikancia szinten homogénnek tekinthető. További három esetben a számolt  $\chi^2$  értéke alig haladja meg a 0,01 szignifikancia szinthez tartozó kritikus értéket: Pécs és Békéscsaba, Budapest és Miskolc, valamint Kékestető és Debrecen. Vagyis az állomások fentebb feltételezett csoportosulása csak részben igaz.

**Az átlagos szélesség mai napi értékének és a következő napi megváltozásának kapcsolata.** A  $\Delta v$  és a  $v_p$  sztochasztikus kapcsolatának vizsgálatánál a szóba jöhető lineáris és logaritmus regresszió közül mindenhol a lineáris bizonyult erősebbnek. A lineáris korrelációs együttható és a regressziós egyenes meredekségének értékeit a 3. táblázat tartalmazza abszolút értékük (erősségük) növekvő sorrendjében. A két paraméter közel eső

3. táblázat: A  $v_p$  és a  $\Delta v$  kapcsolatának szorosságát mutató lineáris korrelációs együttható ( $r$ ) és a regressziós egyenes meredekségének ( $b$ ) értékei

	$r$	$b$
Kékestető	-0,457	-0,417
Békéscsaba	-0,476	-0,455
Győr	-0,496	-0,492
Miskolc	-0,504	-0,507
Szombathely	-0,512	-0,524
Szeged	-0,517	-0,534
Debrecen	-0,520	-0,541
Pécs	-0,522	-0,545
Budapest	-0,523	-0,545



4. ábra: A leggyengébb (Kékestető) és az egyik legszorosabb (Pécs) kapcsolatot mutató esetekre illesztett lineáris regresszió

értéke a függő változó ( $\Delta v$ ) gyakorlatilag 0 átlagos értékéből következik. A 4. ábrán pedig együtt ábrázoltuk a leggyengébb és az egyik legszorosabb kapcsolatot mutató eseteket.

4. táblázat: Az N esemény bekövetkezésének relatív gyakorisága (a), az N és a C esemény relatív gyakoriságának különbsége (b), feltételes relatív gyakoriságok (c-f), az N és a C eseményekből álló intervallumok átlagos hossza (g,h)

állomás	a	b	c	d	e	f	g	h
	f(N)	f(N-C)	f(N/N)	f(C/N)	f(C/C)	f(N/C)	[N]	[C]
%							nap	
Szombathely	50,8	1,6	41,1	58,8	39,3	60,7	1,7	1,6
Győr	51,2	2,4	42,5	57,5	39,7	60,3	1,7	1,7
Pécs	51,6	3,2	43,6	56,5	39,9	60,1	1,8	1,7
Budapest	51,9	3,8	44,0	56,0	39,5	60,4	1,8	1,7
Szeged	50,6	1,2	42,8	57,2	41,3	58,7	1,7	1,7
Kékestető	50,8	1,6	44,2	55,8	42,3	57,7	1,8	1,7
Miskolc	51,5	3,0	42,4	57,6	39,0	61,0	1,7	1,6
Békéscsaba	51,2	2,4	43,2	56,8	40,4	59,5	1,8	1,7
Debrecen	50,9	1,8	43,3	56,7	41,3	58,6	1,8	1,7

A regressziós egyenes minden esetben metszi a vízszintes, azaz a  $v_p$  tengelyt. Legyen ez a zérushely  $v_{p0}$ . Az  $y=a+bx$  regressziós egyenlet a és  $b$  konstansaira vonatkozó összefüggésekből, és a  $\Delta v$  0-nak tekinthető átlagértékéből belátható, hogy a regressziós egyenes zérushelye  $v_{p0}=[v_p]$ , azaz a mai napi átlagos szélességek átlaga a vizsgált időszakban. Ennek értékei az 1. táblázatban láthatók. A regressziós egyenes ( $x,y$ ) koordinátájú pontjaira  $y>0$  a zérushely előtt,  $y<0$  a zérushely után. Emiatt feltételezhetjük, hogy a számolt, a regresszióval közelített  $\Delta v$  értékek előjele is kapcsolatba hozható a zérushellyel. Feltételezzük tehát, hogy a zérushely előtt, tehát ha  $v_p < [v_p]$ , akkor  $\Delta v \geq 0$  eseménynek (N), ellenkező esetben pedig a  $\Delta v < 0$  (C) eseménynek nagyobb a valószínűsége. Becsülhető tehát, hogy az adott (mai) nap átlagos szélességéhez képest a következő (holnapi) nap átlagos szélessége csökken vagy növekszik.

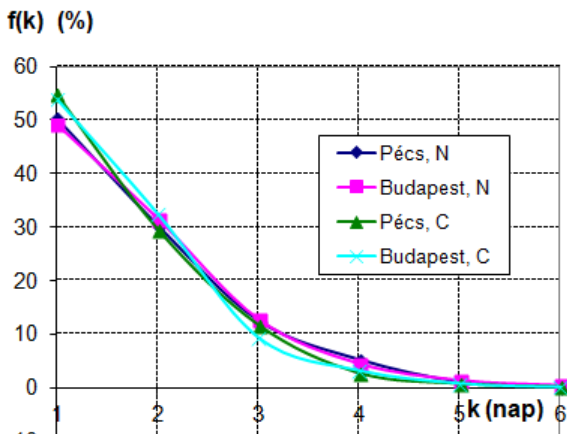
Elsőként a becslendő, tehát az aktuális (mai) napon definiált N és C események megfigyelt idősorát elemezzük. A 4. táblázat első két oszlopában megadjuk az N esemény ( $\Delta v \geq 0$ ) relatív gyakoriságát és a C esemény ( $\Delta v < 0$ ) ettől való eltérését ( $f(N)$  és  $f(N-C)$ , %). Az  $f(N)$  értéke minden állomáson nagyobb, mint 50%, az  $f(C)$  ennél 3,8–1,6%-kal kisebb. Vagyis az N esemény bekövetkezésének valószínűsége ennyivel nagyobb, mint a C eseményé.

A táblázat 3–6 oszlopaiban az egyes feltételes, vagy átmenet relatív gyakoriságok láthatók. Ezek a megfelelő valószínűségeket közelítik. Az  $f(C/N)$  például annak valószínűségét, hogy a holnapi napon a C esemény következzen be, feltéve, hogy a mai napon az N esemény következett be. Minden állomáson legnagyobb (61,0–57,7%) annak a valószínűsége, hogy a C eseményt az N követi. A második helyen mindenhol annak valószínűsége áll (58,8–55,8%), hogy az N eseményt a C esemény követi. Annak valószínűsége tehát, hogy a mai napi esemény után ennek ellenkezője következik be, nagyobb, mint ugyanazon esemény bekövetkezésének. Minden állomáson legkisebb annak valószínűsége, hogy a C eseményt C esemény követ, azaz, hogy ha a mai napon csökkent az átlagos szélesség a tegnaphoz képest, akkor ez a holnapi napon is így lesz.

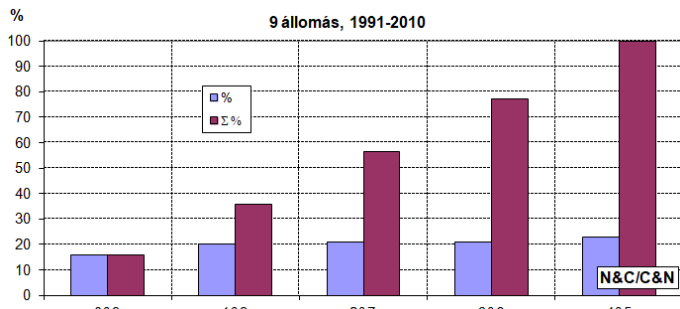
Megvizsgáltuk az N és C eseményekből álló időszakok hosszúság szerinti eloszlását. Minden állomáson mindkét esetben az 1 napos bekövetkezés a leggyakoribb, ennek

relatív gyakorisága az N esemény esetében 54,0 és 49,2%, a C eseménynél pedig 56,3 és 50,2% között változik. A leghosszabb intervallum hossza egy állomáson 9 N-nap, az összes többi esetben ez 6 vagy 7 N- vagy C-nap. Az átlagos hosszakat a 4. táblázat utolsó két oszlopa tartalmazza, az N eseménynél ezek az értékek 0,1 nappal nagyobbak Győr és Szeged kivételével, itt egyenlők.

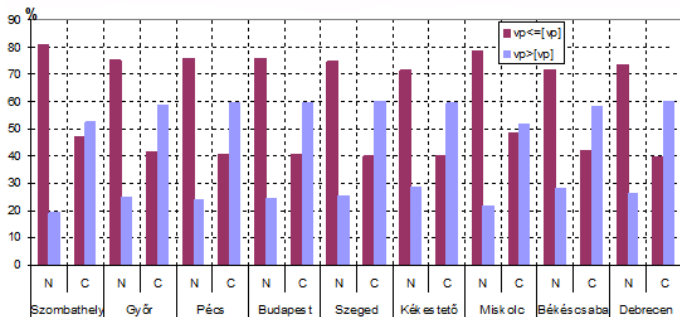
Kerestük az empirikus gyakoriságokra illeszkedő diszkrét elméleti eloszlásokat. A geometriai, az exponenciális, a Poisson- és a gamma-eloszlásokkal próbálkoztunk, sikertelenül.



5. ábra: Pécs és Budapest N és C intervallumainak hosszúság (k) szerinti eloszlása



6. ábra: Az n&(9-n) számpárok egyedi és kumulatív eloszlása



7. ábra: Az N és C események eloszlása a mai nap átlagos szélessége ( $v_p$ ) és a teljes vizsgált időszak átlagos szélessége ( $[v]$ ) relációjának függvényében

A gyakoriságokra vonatkozó paraméterek nem mutatnak jelentős térbeli, orográfiai különbségeket, ezért az N és C eseményekből álló időszakok hosszúság szerinti eloszlását homogenitás vizsgálatnak vetettük alá. Az N eseményből álló intervallumok hosszúság (nap) szerinti eloszlásának vizsgálata szerint ezek legalább 0,9 elfogadási (valószínűségi) szinten homogénnek tekinthetők, tehát ugyanabból az (egyelőre ismeretlen) elméleti eloszlásból származnak mind a kilenc állomáson. A C esemény esetében ez egy esetben nem igaz: Szombathelyen és Kékestetőn a szokásos szignifikancia szinteken az eloszlások nem tekinthetők homogénnek. Állomásonként összehasonlítottuk az N és a C események alkotta intervallumok eloszlását is. Pécs és Budapest kivételével most is azt kaptuk, hogy ezek is legalább 0,9 elfogadási szinten homogénnek tekinthetők. E két állomás N és C intervallumainak hosszúság szerinti eloszlása látható az 5. ábrán. A homogenitás vizsgálatok eredményei azt sugallják, hogy a következő napi átlagos szélesség változás előjelének

területi különbségei nem szignifikánsak. Vagyis feltehetően az adott napon az állomások többségén ugyanaz az esemény (N vagy C) következik be. Ezt az (n, 9-n) számpárral mérjük, ami azt fejezi ki, hogy ha egy napon n állomáson az N vagy a C esemény következik be, akkor (9-n) állomáson ezek ellentettje, a C vagy az N. Nem teszünk tehát különbséget az események között, az egyezésem van a hangsúly. A számpárokat tehát így is jelölhetjük: n&(9-n). A lehetséges esetek relatív gyakoriságait a 6. ábra mutatja. Az ábra szerint legkisebb annak relatív gyakorisága (15,6%), hogy egy napon mind a 9 állomáson ugyanaz az esemény, a legnagyobb (22,8%) pedig annak, hogy 4 állomáson az egyik, 5 állomáson pedig a másik esemény következik be. A kumulált gyakoriságok szerint azonban annak valószínűsége, hogy az események 6 vagy több állomáson egyezzenek közel 80%.

**Az átlagos szélesség következő napi megváltozásának becslése.** Az előző fejezetben feltételeztük, hogy ha a mai nap átlagos szélessége kisebb, mint az időszak átlagos szélessége, azaz  $v_p \leq [v_p]$ , akkor az N eseménynek ( $\Delta v \geq 0$ ), ellenkező esetben pedig a C eseménynek ( $\Delta v < 0$ ) nagyobb a valószínűsége. Most ezt a feltételezést próbáljuk igazolni úgy, hogy előállítjuk mindkét esemény relatív gyakoriságát a  $v_p \leq [v_p]$  és a  $v_p > [v_p]$  intervallumokban. Az eloszlások az 7. ábrán láthatók. Az ábra azt mutatja, hogy pl. Szombathelyen az összes N esemény kb. 81%-a akkor következik be, ha  $v_p \leq [v_p]$ , és csak a kb. 19%-a, ha  $v_p > [v_p]$ . Az összes C esemény többsége, kb. 53%-a pedig akkor, ha  $v_p > [v_p]$ . Látható, hogy az N esemény relatív gyakorisága mindenhol 70 és 80% között van, ha  $v_p \leq [v_p]$ , a C esemény pedig kb. 50 és 60% között, ha  $v_p > [v_p]$ . A megfelelő átlagos gyakoriságok 75,4% (N), ill. 57,8% (C). Az ábra további részletes elemzése alapján megfogalmazható, hogy ha a mai nap átlagos szélessége kisebb, mint a kategória átlagsebessége, akkor a következő napi átlagos szélesség növekedésének 1,7–1,9-szer, átlagosan 1,8-szor nagyobb a valószínűsége, mint a csökkenésének. Ha viszont a napi átlagos szélesség nagyobb, mint a kategória átlagsebessége, akkor a következő napi átlagos szélesség csökkenésének 2,1–2,8-szor, átlagosan 2,4-szer nagyobb a valószínűsége, mint a növekedésének. Ez utóbbi megállapítás módot ad a következő napi átlagos szélesség változás előjelének becslésére. A mai nap ismert átlagos szélességét összehasonlítjuk egy hosszabb időszak átlagos szélességével, a relációjuk alapján megtörténhet a becslés. Ennek sikerességét, a jó becslések gyakoriságát a feldolgozásba bevont adatbázison vizsgáljuk. Az 5. táblázat tartalmazza a becslések eredményeit. A táblázatban látható, hogy az N esemény becslés gyakorisága mindig nagyobb, mint a megfigyelt. A túlbecslés mértéke (ami a C esemény alulbecslésének mértéke) Szombathelyen a legnagyobb (13,5%) és Kékestetőn a legkisebb (5,4%). A sorrendben némi orográfiai elrendeződés fedezhető fel, a Kékestető megelőző 4 helyen síkvidékinek, nyitott horizontúnak tekinthető állomás (Budapest, Szeged, Békéscsaba és Debrecen) szerepel. A levegő áramlása szempontjából a kékestetői állomás is akadálymentesnek tekinthető. Az átlagos túlbecslés 8%. A jó becslések aránya – tehát amikor a napi becslés esemény megegyezik a megfigyelttel – Győrben a legnagyobb (68%) és Debrecenben a legki-

5. táblázat: Az N és C események megfigyelt és becsült relatív gyakoriságai, valamint a jó becslések aránya

állomás	N (%)		C (%)		jó becslés (%)
	megfigyelt	becsült	megfigyelt	becsült	
Szombathely	50,8	64,3	49,2	35,7	67,0
Győr	51,2	58,7	48,8	41,3	67,2
Pécs	51,6	58,9	48,4	41,1	68,0
Budapest	51,9	58,8	48,1	41,2	68,0
Szeged	50,6	57,5	49,4	42,5	67,5
Kékestető	50,8	56,2	49,2	43,8	65,7
Miskolc	51,5	63,7	48,5	36,3	65,5
Békéscsaba	51,2	57,4	48,8	42,6	65,2
Debrecen	50,9	57,0	49,1	43,0	67,1

sebb (65,2%). Az átlag 66,8%, azaz a módszer átlagosan az esetek kétharmadában jól becsüli a következő napi átlagos szélesség megváltozásának előjelét.

**Összegzés.** A napi átlagos szélesség napról napra történő változásának egy 20 éves időszakra vonatkozó alapstatisztikai jellemzőiből azt a következtetést vontuk le, hogy a következő napi átlagos szélesség változás előjelének területi különbségei nem szignifikánsak. A homogenitás vizsgálat eredményét egy hasonlósági elemzéssel is alátámasztottuk, ami szerint annak valószínűsége, hogy a változás előjele 6 vagy több állomáson egyezzen, közel 80%. Ebből következően a változás előjelére vonatkozó, a változás mértéke és a napi átlagos szélesség közötti sztochasztikus kapcsolaton, illetve a napi és a 20 éves átlagos szélesség közötti reláción alapuló becslés eredménye sem mutat nagy területi változékonyságot. A jó becslések aránya kb. 65–68%, az átlag 66,8%. A módszer tehát átlagosan az esetek kétharmadában jól becsüli a következő napi átlagos szélesség megváltozásának előjelét. A módszer alkalmazhatósága a napi átlagos szélesség ismertét feltételezi. Emiatt a menetrend elkészítésében csak akkor lehet alkalmazni, ha ezt a nap vége előtt szintén – kellő pontossággal – becsülni tudjuk. Egy erre alkalmas statisztikai módszerünk tesztelés alatt van.

## Irodalom

- Aggarwal, S. K. and Meenu Gupta, 2013: Wind Power Forecasting: A Review of Statistical Models. *International Journal of Energy Science*, Vol.3 Issue 1, 2013; www.ijesci.org
- Bartholy, J., Radics, K. and Bohoczky, F., 2003: Present state of wind energy utilization in Hungary: Policy, wind climate, and modeling studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7, 175–186.
- Bremnes, J.B., Villanger, F., and AS, K.V., 2002: Probabilistic forecasts for daily power production. In: *Proceedings of the Global Wind Power Conference*, Paris.
- Dévényi, D. és Gulyás, O., 1988: Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 443.
- Kavasseri, R.G. and Seetharaman, K., 2009: Day-ahead wind

- speed forecasting using f-ARIMA models. *Renew. Energy* 34, 1388–1393. doi.org/10.1016/j.renene.2008.09.006
- Lázár I., 2015: Székelyföld szélklimájának statisztikai vizsgálata. PhD értekezés. Debreceni Egyetem, Földtudományi Doktori Iskola, pp. 158
- Mezősi M. és Simon A., 1981: A meteorológiai szélérések elmélete és gyakorlata. *Meteorológiai Tanulmányok*, No. 36.
- Puskás, J., Tar, K., Szepesi, J. and Kovács, E., 2014: Statistical Investigation of Subalternation of the Daily Mean Wind Speed on the North-West Region of Carpathian Basin. In: Kanakidou, M., Mihalopoulos, N. and Nastos, P. (eds): COMECAP 2014 e-book of proceedings. 3, 85–89.
- Shukur, O.B. and Lee, M.H., 2015: Daily wind speed forecasting through hybrid KF-ANN model based on ARIMA. *Renew. Energy* 76, 637–647. doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.084
- Tar K., 2011: A Kárpát-medence szélenergiájáról. VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Sapiencia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvár, 165–169.
- Tar K., 2014a: A napi átlagos szélességek egymásra következtetésének statisztikai elemzése az Alföldön. In: Fazekas, I. és Szabó, V. (szerk.): Környezettudatos energiatermelés és felhasználás. *Meridián Alapítvány*, 96–105.
- Tar, K., 2014b: Statistical structure of the surface layer wind field in Hungary. Direction, speed and energy of the wind. *Lambert Academic Publishing*, pp. 88
- Tar K., 2015: A napi átlagos szélesség megváltozásának statisztikai szerkezete. In: Kúti, Zs. és Puskás, J. (szerk.): Tiszteletkötet Károssy Csaba 70. születésnapjára. Szombathely, 47–54.
- Tar K. és Puskás J., 2010a: A napi átlagos szélesség időbeli megváltozásának függése a frontos és frontnélküli napok váltakozásától. VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza, 321–326.
- Tar K. és Puskás J., 2010b: A napi átlagos szélesség megváltozásának kapcsolata az időjárási helyzetekkel. *Magyar Energetika* 17, 30–35.
- Tar, K., Lázár, I., and Gyarmati, R., 2015: Statistical estimation of the next day's average wind speed and wind power. In: Ortiz, W., Somogyvári, M., Varjú, V., Fodor, I., and Lechtenböhrer, S. (eds.): Perspectives of Renewable Energy in the Danube Region, 174–191.
- Tar K. és Lázár I., 2016: Az egymást követő napok átlagos szélességeinek statisztikai becslése. In: Lázár, I. (szerk.): *Környezet és energia a mindennapokban*, MTA DAB Környezettudományi Szakbizottság, 109–117.
- Tar K., Biróné Kircsi A. és Tóth T., 2016: A szélenergia kutatása a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszékén (1980–2014). *Léggör* 61, 48–63.
- Tar, K. and Lázár, I., 2018: Statistical structure of day by day alteration of daily average wind speeds. *Időjárás* 122, 285–304.
- Tóth P. és Biróné Kircsi A., 2013: A szélenergia-hasznosítás 2011. évi legújabb eredményei. *Magyar Energetika* 20, 16–21.
- Tóth P. és Biróné Kircsi A., 2014: A szélenergia-hasznosítás 2013. évi eredményei. *Magyar Energetika* 21, 38–41.
- Tóth P. és Biróné Kircsi A., 2015: A szélenergia hasznosítás legújabb eredményei. *Léggör* 60, 88–91. www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html www.mekh.hu



**A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI**  
**NEWS OF HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY**

**Németh Ákos**

Magyar Meteorológiai Társaság, 1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1., titkarsag@mettars.hu

**Rendezvényeink 2020. január 1. és december 31. között**  
**Our programmes between 1 January and 31 December 2020**

**Február 18.**

*TANÍTVÁNYAINK A KATEDRÁN*

**Novák Róbert:** Az osztrák-magyar Északi-sarki Expedíció – 1872–1874 (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

**Február 27.**

**SZÁSZ GÁBOR EMLÉKÜLÉS**

**Március 3.**

**Kalauz József:** Tavasz gombáink és az időjárás kapcsolata (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

**Szeptember 10.**

**A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG RENDKÍVÜLI KÖZGYŰLÉSE**

**December 2.**

**Kardos Péter:** Adatok az égből; **Tóth Gabriella:** MRAR adatok asszimilációja az AROME modellben (a Légekördinamikai Szakosztály online rendezvénye)

**December 15.**

**A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG VÁLASZTMÁNYI ÜLÉSE (online)**

2020 – talán nem túlzás ezt állítani – a Magyar Meteorológiai Társaság történetének egyik legnehezebb éve volt. Az új koronavírus okozta járványhelyzetben a Társaság gyakorlatilag tetszhalott állapotba került.

A korábban megszokott társasági élet a járványügyi intézkedések miatt ellehetetlenült, jelenléti rendezvényeket nem lehetett tartani. A 2020-ra tervezett 5. Orvosmeteorológiai Konferenciát és a XXXVIII. Vándorgyűlést el kellett halasztanunk. A szokásos májusi időpont helyett 2020. szeptember 10-én megtartott (rendkívüli) Közgyűlésen ezúttal elmaradt a szokásos szakmai előadás. A rendkívüli Közgyűlésnek két feladata volt: a Választmány júniusi, a Közgyűlés hatáskörében meghozott döntéseinek jóváhagyása és a társasági díjak átadása.

A szakmai beszámolóval, az Ellenőrző Bizottság jelentésével, illetve a 2020. évi költségvetéssel kapcsolatos választmányi

döntéseket a Közgyűlés tudomásul vette. *Steiner Lajos Emlékérmét* vehetett át **Ihász István** (OMSZ Modellezési Osztály) több mint három és fél évtizedes, a meteorológia szolgálatában végzett kutató-fejlesztő munkája és sikeres oktatói-témavezetői tevékenysége, a hazai numerikus prognosztika fejlesztésében elért eredményei, aktív publikációs tevékenysége, valamint a hazai tudományos közéletben való részvétele elismeréseként. Társaságunk *Hegyfőky Kabos Emlékéremmel* díjazta **Lakatos Mónikát** (OMSZ Éghajlati Osztály) Magyarország éghajlatának vizsgálatában, éghajlati adatbázisok fejlesztésében és az éghajlati szélsőségek elemzésében elért eredményeiért, kiemelkedő szakmai tevékenységéért, a hazai és nemzetközi tudományos életben való aktív részvételéért. Az MMT Közgyűlése a 2019. évi *Szakirodalmi Nívódíjat* **Gelencsér András** „Füstbement bolygó” című művéért ítélte oda. *Berényi Dénes Emlékdíjat* kapott **Fodor Nándor** (ELKH ATK Mezőgazdasági Intézet Növénytermesztési Osztály) az agrometeorológia területén végzett több mint két évtizedes kutatói és oktatói munkájáért, a növénymodellezés terén elért eredményei, valamint kiemelkedő hazai és nemzetközi publikációs tevékenysége elismeréséért. A *Róna Zsigmond Alapítvány kamatait*, mint pályadíjat, **Zsebeházi Gabriella** (OMSZ Modellezési Osztály) számára ítélte oda a Közgyűlés.

A koronavírus-járvány második hulláma miatt bevezetett korlátozó intézkedések miatt az évszázó Közgyűlés is elmaradt. Ennek ellenére a Hille Alfréd Ifjúsági Pályadíj kiírása a szokásoknak megfelelően megtörtént. A beérkezett pályaművek közül a "Kistérségű extrém csapadékmennyiség valószínűségének becslése ECMWF ensemble előrejelzések alapján" című dolgozata alapján a Társaság főtítkára a 2020. évi *Hille Alfréd Ifjúsági Pályadíjat* **Tóth Boglárkának** ítélte oda.

Az évszázó választmányi ülés keretében emlékeztünk meg a 2020-ban elhunyt tagtársainkról **Jenei Csabáról**, **Polgár Endréről** és **dr. Hallamáné Lépp Ildikó** tiszteleti tagunkról.

2020-ban 70. életévét **Bozóki István** és **dr. Horváth László**; 75. évét **Gulyás Lajos Elek**, **Ináncsi László**, **Károssy Csaba**, **dr. Maller Aranka Judit**, **Pintér Zoltán** és **Szudár Béla**, 80. évét **dr. Fogarasi Márton**; 85. évét **Ferenczy Sándor**, **Kozma Bognár Imréné**, **dr. Mészáros Ernő** tiszteleti tagunk és **dr. Rákóczi Ferencné** töltötte be.

## A 2021. ÉVI METEOROLÓGIAI VILÁGNAP ALKALMÁVAL KITÜNTETETTEK

### LIST OF HONOURED ON WORLD METEOROLOGICAL DAY IN 2021

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a nemzetközi meteorológus közösség minden évben megünnepli a WMO Egyezmény 1950. március 23-ai hatályba lépésének évfordulóját. A Meteorológiai Világnap tiszteletére az idei évben sem lehetett nyilvános ünnepséget – a koronavírus járvány miatti gyülekezési tilalom miatt – rendezni. A meteorológiáért kiváló munkát végző szakemberek elismerése azonban nem maradt el. A Meteorológiai Világnap alkalmából a meteorológus szakma kiválóságai idén is kaptak *Schenzl Guidó Díjat*, *Pro Meteorologia Emlékplakettet*, *Miniszteri Elismerő Oklevélt*, *Innováció a Meteorológiáért Díjat*, *Év MET-ÉSZ észlelője* címet, illetve legkiválóbb társadalmi észlelők *Elismerő Oklevélt*. A Meteorológiai Világnap alkalmából kitüntetetteknek ezúton gratulálunk és kívánunk jó egészséget!

#### Schenzl Guidó Díj

*Dr. Ács Ferenc*, az ELTE TTK Meteorológiai Tanszékének nyugalmazott docense a légkörfizika, a talaj-felszín-légkör rendszer folyamatainak modellezése, továbbá a humán biometeorológia területén kifejtett lelkiismeretes és elhivatott oktatási és tehetséggondozási munkájáért, kiemelkedő kutatási tevékenységéért, életműve elismeréseként.

*Németh Lajos*, nyugalmazott meteorológus az időjárás előrejelzésében, a meteorológia népszerűsítésében és a tudományos ismeretterjesztésben végzett aktív, példaértékű tevékenységéért, sok évtizedes elhivatott munkájáért.

#### Pro Meteorologia Emlékplakett

*Dr. Baranka Györgyi*, meteorológus kiemelkedő pályázati koordinációs tevékenységéért, valamint több évtizedes lelkiismeretes, kitartó munkájáért.

*Horváthné Zsikla Ágota*, meteorológus a tavi viharjelzéshez kapcsolódó szolgálati feladatok magas színvonalú, lelkiismeretes végrehajtásáért, kiemelkedő verifikációs tevékenységéért. Tapasztalatainak átadása kulcsfontosságú a fiatal generációk szempontjából: számos kiváló szakember tanult be az évek során Ágota mellett a síófoki toronyban.

*Gili Balázs*, villamosmérnök a meteorológiai megfigyelőhálózat működtetésében, fejlesztésében végzett precíz, sok megpróbáltatást megélő, kitartó és elkötelezett munkájáért.

*Kerekes András*, meteorológus főtiszt a repülésmeteorológia területén több mint 20 éven át végzett lelkiismeretes, felelősségteljes munkája elismeréseként, kiemelkedő színvonalú vezetői tevékenységéért.

#### Miniszteri Elismerő Oklevél

*Kovácsné Izsák Beatrix*, matematika-fizika szakos tanár, meteorológus az éghajlati adatok homogenizációs és interpolációs módszertanának továbbfejlesztéséért, a Meteorológiai Adatbázisban végzett kiemelkedő fejlesztési tevékenységéért.

*Dr. Csirmaz Kálmán*, meteorológus a jégkarmérséklő rendszer meteorológiai kiszolgálásában végzett kulcsfontosságú munkájáért, kiemelkedő fejlesztési tevékenységéért.

*Hercsényi László*, informatikai fejlesztő az Országos Meteorológiai Szolgálat informatikai alkalmazásainak, valamint meteorológiai adatbázisának fejlesztésében közel két évtizeden át végzett lelkiismeretes munkájáért.

*Mikó Róbert*, meteorológus, programozó matematikus az Országos Meteorológiai Szolgálat Megfigyelési Főosztálya szoftverrendszerének kialakításában végzett kiemelkedő munkájának elismeréseként.

*Varga Géza János*, nyugalmazott észlelő az Országos Meteorológiai Szolgálat észlelőjeként végzett több évtizedes példaértékű, lelkiismeretes tevékenységéért nyugállományba vonulása alkalmából.

#### Innováció a meteorológiáért díj

*Baár Péter*, meteorológus az Országos Meteorológia Szolgálat által végzett jégeső-előrejelzés verifikációs módszertanának kidolgozásában és fejlesztésében nyújtott kiemelkedő szakmai teljesítményéért, elkötelezett és példamutatóan lelkiismeretes munkájáért.

#### Az OMSZ Elnöke által kitüntetett társadalmi észlelők

*Lőrincz Mária*, Zsámbék szüleivel együtt 1966 óta végzett lelkiismeretes munkájáért, a csapadékmérési adatok naponkénti elektronikus küldéséért,

*Marusin Józsefné*, Solt/Kissolt, 46 éven át végzett megbízható méréseiért.

*Bertók Tiborné*, Vése, 44 éven át végzett magas színvonalú csapadékméréséért.

*Ferenczy Sándorné*, Pécs Kertváros, 44 éven keresztül végzett példaértékű méréseiért.

*Kovács Barnáné*, Sárospatak, 44 éve tartó precíz, elkötelezett észlelői munkájáért.

#### Év MET-ÉSZ észlelője – 2021 cím

*Dombai László*, meteorológiai észlelő, Vép, kiváló és részletes észleléseiért, a halójelenségek vizsgálatáért, valamint a társadalmi csapadékmérés végzéséért.

## A 2020. ÉV IDŐJÁRÁSA WEATHER OF 2020 Bíróné Kircsi Andrea

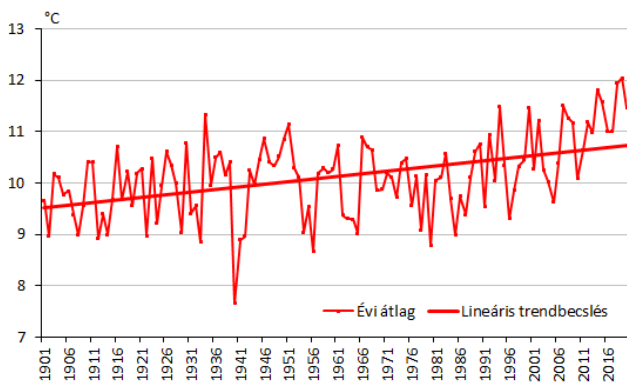
Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., [eghajlat@met.hu](mailto:eghajlat@met.hu)

**Bevezetés.** A 2020-as év hőmérsékleti szempontból a legmelegebb évek között volt az ERA5 globális re-analízis adatbázis alapján (1. 2016, 2. 2020, 3: 2019). Az eddigi legmelegebb 2016-tól csak századértékben maradt el a 2020-as hőmérsékleti anomália. Európában – megelőzve a 2019 és 2014 éveket – jelenleg a legmelegebb év (C3S, 2021). Magyarországon a 2020-as évi középhőmérséklet országos átlagban 11,5 °C-nak adódott (1. ábra), 1,1 °C-kal volt melegebb az 1981–2010-es normálnál. 2020 az ellenőrzött, homogenizált (MASHv3.03) és interpolált (MISH v1.03) adatok alapján a nyolcadik legmelegebb az elmúlt 120 évben, s a legmelegebb évtizedet zárja 1901 óta. Az évi középhőmérséklet országos átlagának változása az elmúlt 120 év alatt (1901 és 2020 között) átlagosan +1,23 °C-nak adódott, míg az országon belül legalább +1,06 °C és legfeljebb +1,37 °C közötti

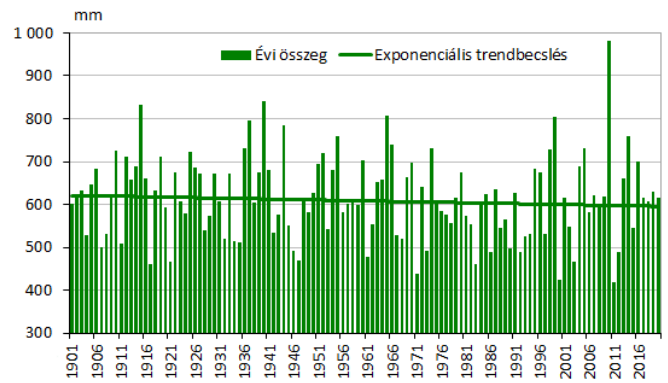
napfényben gazdag. A 2000–2020 közötti átlagnál jóval alacsonyabb havi érték 2020-ban csak júniusban, illetve májusban volt.

**Napfénytartam.** A napsütéses órák évi összege 2100 és 2400 óra között változott 2020-ban. A területi eloszlásában egy ÉK-DNY irányú növekedés volt megfigyelhető (4. ábra). Az Alföld déli részén és a Dunántúlon 2200 óra feletti értékek voltak jellemzőek, a legmagasabb értékeket (>2350 óra) a Dél-Dunántúlon összegeztük. A legalacsonyabb értékeket (<2100 óra) főként az északkeleti országrészben és az Északi-középhegység területén figyeltük meg.

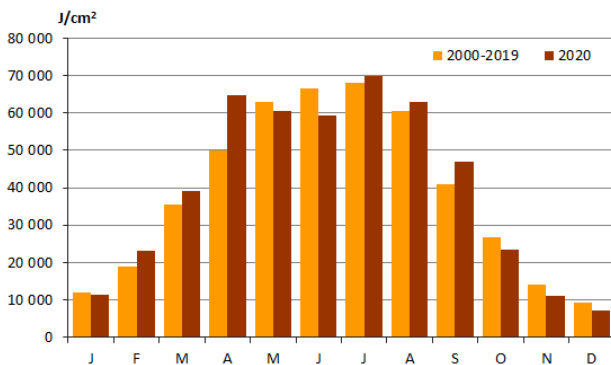
**Hőmérséklet.** 2020-ban május kivételével a havi középhőmérséklet minden hónapban magasabb volt az 1981–2010-es sokévi átlagnál (3. ábra). Homogenizált adatok alapján a 2020. májusi kö-



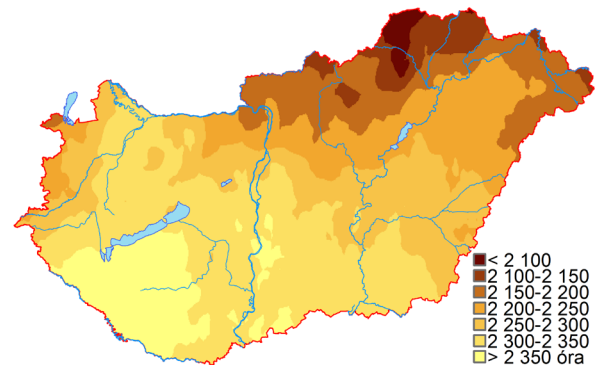
1. ábra: Az évi középhőmérséklet 1901 és 2020 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag)



2. ábra: Az évi csapadékösszeg 1901 és 2020 között Magyarországon, (homogenizált, interpolált országos átlag)



3. ábra: A globálisugárzás évi menete Magyarországon 2020-ban (homogenizált, interpolált országos átlagok)



4. ábra: A napsütéses órák száma 2020-ban

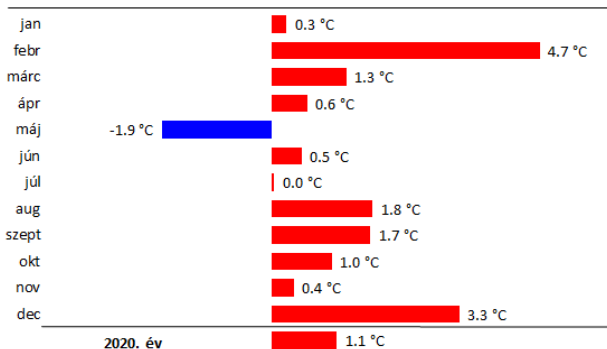
hőmérséklet-változás fordult elő. Az év során lehulló csapadék országos átlagban a homogenizált adatok alapján 615 mm volt, 2 százalékkal több, mint az 1981–2010-es sokévi érték, viszont mind térben, mind időben igen szélsőségesen alakult az eloszlása. A június és az október nagyon csapadékos, míg az április és a november csapadékszegény volt. 1901 és 2020 között az évi csapadékösszegekhez illesztett exponenciális trend alapján mérsékelt, átlagosan 2,8%-os csökkenést tapasztalunk (2. ábra).

**Globálisugárzás.** A legmagasabb értékeket a derült nyári hónapokban, sokévi átlag szerint júliusban várjuk. 2020-ban a globálisugárzás országos évi összege meghaladta az 2000–2019-es sokévi értéket. A legmagasabb havi összeget júliusban jegyeztük (3. ábra), de a sokévi értékhez képest április és a szeptember volt a

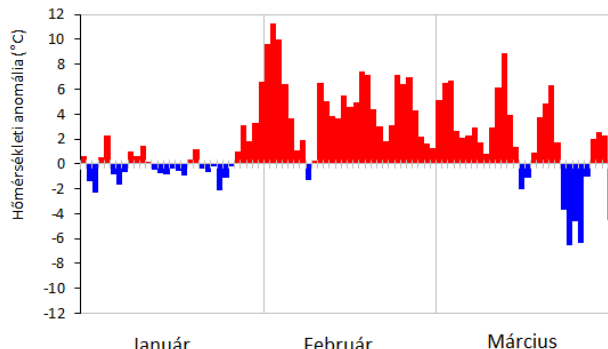
zéphőmérséklet 1,9 °C-kal maradt el a normától. Februárban 4,7 °C-os, míg decemberben 3 °C-nál nagyobb pozitív anomália adódott. A sokévi értékkel szinte teljesen megegyezett a júliusi középhőmérséklet, de januárban és novemberben is minimális volt az eltérés a normáltól. Homogenizált adatok alapján 2020 februárja a harmadik legmelegebbnek adódott 1901 óta, míg december a 9., augusztus a 10. helyre került a rangsorban. 2020-hoz köthető a harmadik legmelegebb tél 1901 óta. 2020. január folyamán a napi átlaghőmérséklet országos átlaga jobbára a sokévi átlag közelében alakult, kivéve az utolsó napokat (6. ábra). A Kárpát-medence időjárását főként anticiklon alakította, ami kedvezett a hideglépgárnás helyzet fennállásának. Az érkező gyenge időjárási frontok jelentős változást nem hoztak, és a ködös, párás, borús időjárás sokáig fennmaradt. Január 26. után nyugatias áramlással

óceáni eredetű igen enyhe, kezdetben nedves, majd egyre szárazabb és enyhe légtömegek érkeztek térségünkbe (6. ábra). Tavaszra jellemző változékony, igen enyhe és szeles időjárás uralkodott februárban (6. ábra). A hónap elején volt a legmelegebb, néhány napig közel tíz fokkal a sokévi átlag felett alakult az országos napi közép. A Kárpát-medencét elérő hidegfrontot orkán erejű széllelkések kísérték. A hideg légtömegek miatt jelentősen visszaesett a hőmérséklet. Egy anticiklon kiépülésével február 8-ra fagypont közelébe csökkent a napi országos átlag. A hónap közepén egy ciklon áramlási rendszerébe kerülve nyugat, délnyugat felől igen enyhe, többnyire száraz léghullámok érkeztek. Később az intenzív nyugatias áramlás miatt a hónap végéig jellemzően a sokévi átlagnál enyhébb időjárás uralkodott (6. ábra). Március első felében folytatódott a februárhoz hasonló időjárás. Ezt az időszakot is gyakori frontátvonulások jellemezték, összességében az átlagosnál több fokkal melegebb időjárással. Egy hidegfrontot követően jelentős lehűlés vette kezdetét (6. ábra). Március 15-én még csak az ország északi felén, másnap országszerte komoly fagy alakult ki. Ezt követően néhány napig egy anticiklon alakította időjárásunkat nagy napi hőingással. Az utolsó dekádban egy markáns hidegfront érte el a Kárpát-medencét észak felől, és hi-

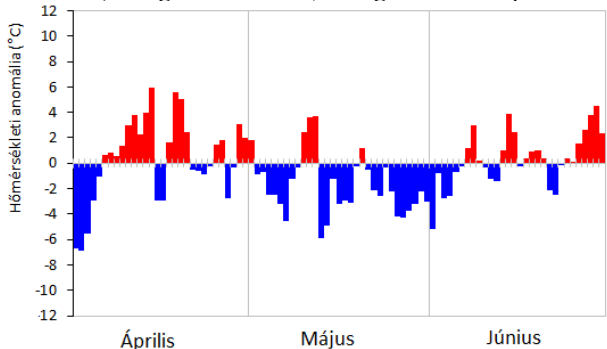
deg, sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el az országot. A Dél-Dunántúlon több napon át havazott. Később a napi középhőmérséklet ismét az átlagos felett alakult, nagy napi hőingással. A hónap végén egy hidegfront hozott jelentős lehűlést, helyenként -10 °C-nál is hidegebb volt (6. ábra). Az április az átlagosnál sokkal hidegebb időjárással kezdődött (7. ábra), a hónap első három napján országszerte fagyott. Mindhárom napon megdőlt a minimumhőmérséklet napi országos rekordja. Az április 1-jén Zabaron mért -11,9 °C a második legalacsonyabb áprilisi napi minimum 1901 óta. Később lassan emelkedett a hőmérséklet. Egy anticiklonnak köszönhetően nyugodt, napos volt az időjárás, nagy napi hőingással. A hónap közepén egy hidegfront hozott jelentős lehűlést. Április 15-én Zabaron -8,9 °C-ig hűlt le a levegő, ami új napi országos rekord. A következő néhány napon ismét anticiklonális hatások érvényesültek, jelentős melegedés történt. Később frontátvonulások tették változékonná az időt (7. ábra). A május nagy részében az átlagosnál hűvösebb volt (7. ábra). A hónap első hetében több hidegfront is átvonult hazánk felett, napról-napra egyre hűvösebb időt okozva. Az első dekád végén a délnyugatra forduló áramlással jelentős melegedés vette kezdetét, az országos napi közép néhány napig a sokévi átlag felett volt. A kora nyári időnek



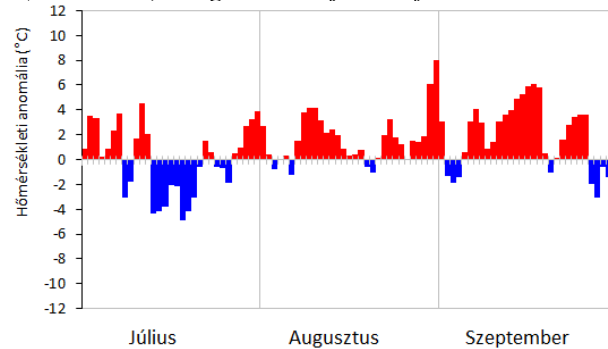
5. ábra: Az országos havi középhőmérséklet eltérése a sokévi (1981–2010-es) átlagtól 2020-ban (homogenizált, interpolált adatok)



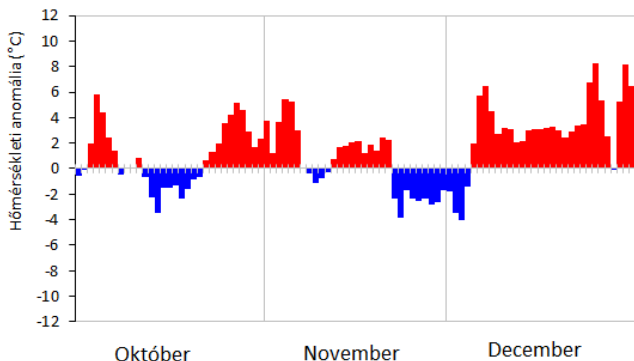
6. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1981–2010) átlagtól; 2020. január, február, március



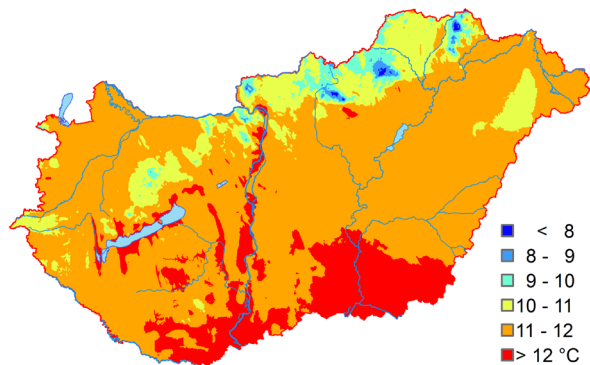
7. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1981–2010) átlagtól; 2020. április, május, június



8. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1981–2010) átlagtól; 2020. július, augusztus, szeptember



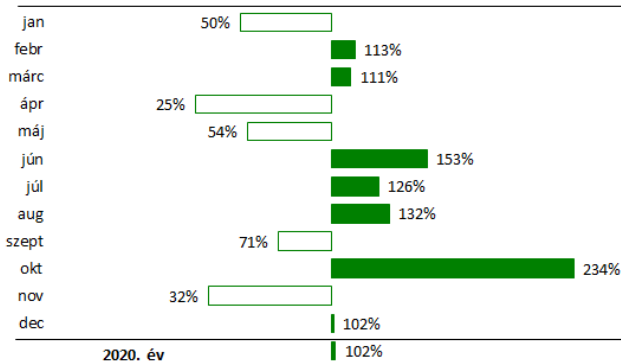
9. ábra: Napi középhőmérsékletek eltérése az (1981–2010) átlagtól; 2020. október, november, december



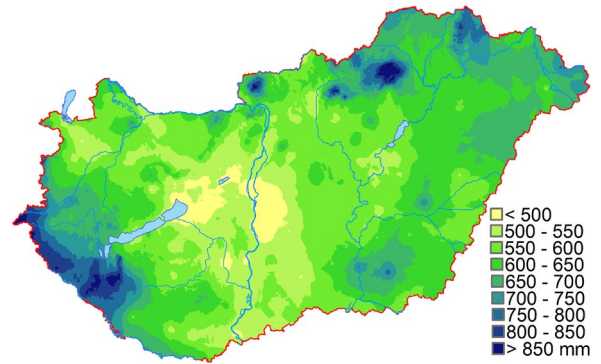
10. ábra: 2020. évi középhőmérséklet (homogenizált, interpolált adatok alapján)

egy markáns hidegfront vetett véget. A fagyzugok mellett elsősorban az Alföldön, nagyobb területen 2 m-en is fagyott. A hónap hátralévő részén a szokásosnál hűvösebb időjárás volt a frontátvonulások miatt. Az utolsó napokban is észak, északkelet felől folyamatosan hűvös levegő érkezett egy anticiklon keleti peremén (7. ábra). A nyár a szokásosnál melegebb volt, noha tartós és markáns hőhullám nem fordult elő. Az évszak középhőmérséklete 21,0 °C, ami 0,8 °C-kal haladja meg az 1981–2010-es átlagot. 1901 óta a 17. legmelegebb nyarunk volt. Az igen hűvös május után a június 0,5 °C-kal volt melegebb a szokásosnál. Az átlagosan meleg július után az augusztus a 10. helyre került a legmelegebb augusztusok rangsorában. Minden hónapban előfordult egy-egy hőhullámos nap (25 °C feletti napi közép országos átlagban). A legmagasabb hőmérséklet augusztus 30-án fordult elő. Mezőkovácsházán 37,4 °C-ot mértünk. A 2020-as őszi középhőmérséklete az átlagnál 1,1 Celsius fokkal magasabb volt, a 23. legmelegebb 1901 óta. A szeptember 1,8 °C-kal, az október közel 1 °C-

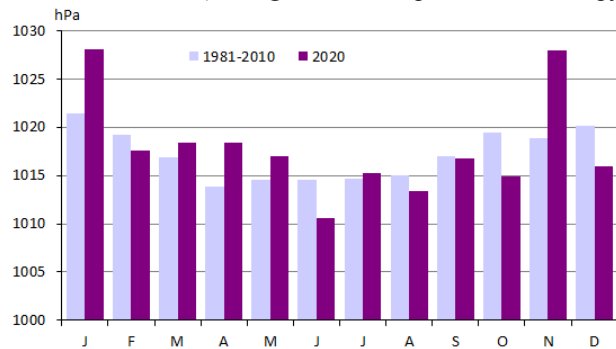
ló ciklonok után a második dekád végére anticiklon épült ki, és már síkvidéki állomásokon is fagyponnalatti hőmérsékletek fordultak elő. Később egy nyugat-európai ciklon előoldalán délnyugati irányból egyre melegebb légtömegek érkeztek, és újra a sokévi átlag fölé emelkedett az országos napi közép (9. ábra). November első napjaiban a szokásosnál jóval enyhébb időjárás (9. ábra) a hazánktól északra képződött ciklonok frontjainak átvonulása miatt alakult ki. Később Közép-Európa fölött egy markáns anticiklon épült ki, így az éjszakai órákban képződött köd és alacsony rétegfelhőzet egyre tartósabban, a nappali órákban is megmaradt. Az első dekád végére a napi átlaghőmérséklet a sokévi átlag közelébe csökkent, és a ködös, párás idő egyre nagyobb területre terjedt ki, és tartósan fennmaradt. Az utolsó dekád elején egy markáns hidegfront mögött sarkvidéki eredetű hideg légtömeg érkezett térségünkbe. A front mögött a magasnyomású terület újra megerősödött. A borús, párás idő mellett a napi hőmérséklet már tartósan a sokévi átlag alatt alakult (9. ábra). A hónap utolsó nap-



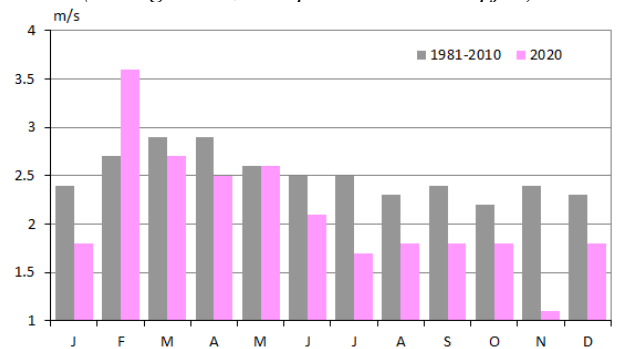
11. ábra: Havi csapadékösszegek 2020-ban az 1981–2010-es normál százalékában (homogenizált, interpolált adatok alapján)



12. ábra: A 2020. évi csapadékösszeg (homogenizált, interpolált adatok alapján)



13. ábra: A tengerszinti légnyomás havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen 2020-ban



14. ábra: A szélsébség havi átlagai Budapest Pestszentlőrincen 2020-ban

kal, a november viszont csupán 0,4 °C-kal volt melegebb a normánál. Az őszi nyári idővel indult (9. ábra), majd változókonnyabbra és hűvösebbre fordult az időjárás. Szeptemberben a harmadik dekád közepéig egy markáns anticiklon határozta meg az időjárását. A száraz, nyárian meleg idő kedvezett természetű növényeink érésének és az őszi betakarításoknak. A második dekád végén anticiklon peremére kerültünk, a fagyos tájakon fagyponnal közelébe csökkent a hőmérséklet. Később délnyugati irányból labilisabb légtömegek érkeztek, de továbbra is a sokévi átlag felett alakult a hőmérséklet. A hónap végén, szeptember 25-én nyugatról egy hullámzó frontrendszer érte el térségünket. A hőmérséklet a sokévi átlag alatt maradt. Az utolsó napok időjárását egy magassági hidegörvény és egy sekély ciklonális mező tette változókonnyá. Október elején délies áramlással meleg légtömegek érkeztek, a napi hőmérséklet országos átlagban közel 3 °C-kal múlta felül a normát (9. ábra). Kémes állomáson 30,8 fokot regisztráltuk, ezzel megdőlt az október 3-i maximum rekord. Ezt követően több hullámzó frontrendszer vonult át hazánk felett. A hónap közepére több fokkal visszaesett a hőmérséklet. Az átvonul-

jaiban egy, a Kelet-európai síkság felett örvénylő ciklon hidegfrontja érte el hazánkat. Egy november végi hidegfront hatására az átlagosnál hűvösebben indult a december, a sokévi átlagnál 3–4 °C-kal alacsonyabb napi átlaghőmérsékletek voltak jellemzőek. Majd délies áramlással egyre enyhébb légtömegek érkeztek. A napi középhőmérséklet a hónap végéig tartósan a sokévi átlag fölé emelkedett. December 26-án egy ciklonnak köszönhetően hideg, száraz levegő érkezett a Kárpát-medencébe, így rövid időre átlag közelébe csökkent a napi közép. Másnap a mediterrán térségből érkező enyhébb légtömegek hatására újra jóval enyhébb volt az idő a szokottnál (9. ábra). A 2020-as év során az évi középhőmérséklet területi eloszlása leginkább a domborzat hatását tükrözte. Az ország legnagyobb részén, így az alföldi tájainkon 10–12 °C közötti értékek adódtak (10. ábra). Az évi középhőmérséklet a Duna vonala mentén és a déli országrészben emelkedett 12 °C fölé. Az Alpoknál és a Dunántúli-középhegységben jellemzően 9–11 °C volt, míg az Északi-középhegységben 9 °C-nál alacsonyabban maradt. A Börzsöny, a Mátra, a Bükk, és a Zempléni-hegység magasabban fekvő régióiban az évi átlag ebben az évben is 8 °C

alatt maradt. Fontos jellemzői az évnak az éghajlati indexek alakulása, a hideg és a meleg küszöbnapok száma. Fagyos napból ( $T_{\min} \leq 0 \text{ °C}$ ) a várt 95 nap helyett 75 napot jegyeztünk fel 2020-ban, téli napból ( $T_{\max} \leq 0 \text{ °C}$ ) pedig 12-t a szokásos 27 helyett. A zord napok ( $T_{\min} \leq -10 \text{ °C}$ ) száma Zabar állomáson volt a legtöbb (12 nap). A nyári napok száma ( $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ ) ugyanakkor jelentősen meghaladta (94 nap) az 1981–2010-es átlagot (80 nap). 2020-ban hőségnapból ( $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ ) a normálnál (24 nap) jóval többet, összesen 32 napot jegyeztünk. 2020 nyarán az Alföld déli részén, Békés megyében 40 napnál több hőségnap fordult elő. Mezőkovácsháza állomáson összesen 52 hőségnapot jegyeztünk. A forró nap ( $T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$ ) országosan egy volt, az 1981–2010-es sokévi átlag 2.

**Csapadék.** Az országos évi csapadék 615 mm-nek adódott, az 1981–2010-es sokévi átlag 102%-a (11. ábra). A 2020-as év a 61. helyre került a 120 év hosszú éghajlati sorban. Az év során júniusban és októberben érkezett kiemelkedő mennyiségű csapadék, míg extrémén száraz volt az április és a november (11. ábra). Igen száraz januárral kezdődött az év. A 16,5 mm csapadék a normál 50%-a, így a 16. legszárazabb január 1901 óta. Majd februárban tavasziasan enyhe és igen szeles időjárás uralkodott. Februárban 37 mm érkezett, mely 13%-kal haladta meg az ilyenkor szokásos értéket. A március eleji nagyobb csapadékoknak köszönhetően a tavasz első hónapja az átlagnál kissé (+11%) csapadékosabb volt, majd áprilisban a szokásos csapadékmennyiség mindössze 25%-a, májusban 54%-a hullott (11. ábra). Az április így a 4. legszárazabbnak adódott 1901 óta, míg a május a 16. helyre került a rangsorban. A tavasz pedig a 4. legszárazabbnak adódott. A legtöbb csapadék nyár elején, júniusban érkezett: országos átlagban 106 mm, amely 53%-kal több, mint a normál. A június 1901 óta a 9. legcsapadékosabb június lett. Júliusban és augusztusban is rendre 26% és 32%-kal érkezett több csapadék (11. ábra) a normálnál. Egész nyáron gyakoriak voltak a károkozó felhőszerkezetek, jégesők. Az évszak legnagyobb napi csapadékösszege 178 mm volt, amit július 24-én a Somogy megyei Vése állomáson mértünk (1. táblázat). A nyár végeredményben a 17. helyre került a legcsapadékosabb nyarak 1901-től kezdődő rangsorában. Szeptemberben a szokásosnál 29%-kal kevesebb csapadékot összegeztünk, az október viszont nagyon csapadékosnak adódott, mivel a normálérték több mint duplája (234%) érkezett (11. ábra). Az október az 1901-től kezdődő rangsorban a 13. legcsapadékosabb volt. Az őszi csapadék közel 80%-a szeptember 25. és október 15. közötti, alig három hét alatt hullott le, és azon belül október 12 és 13-án volt kiugró. Ezek a napok országszerte jelentős számú mérőállomás jelentett 50 mm-t meghaladó napi csapadékmennyiséget, így a napi országos átlag is ekkor volt a legmagasabb 2020-ban. A november különösen száraz volt, a sokévi érték alig harmada (32%) hullott le (11. ábra). Ezzel a 7. legszárazabb november volt. A meglehetősen száraz novembert egy átlagosan csapadékos december követte. A havi csapadékmennyiség országos átlagban 45 mm volt, ami mindössze 2 mm-rel kevesebb az ilyenkor szokásos csapadékmennyiségnél (47 mm). A 2020-as év során a hóréteg legnagyobb vastagsága 28 cm volt március 25-én a Baranya

megyei Máza állomáson. Az évi csapadékösszeg térbeli eloszlása (12. ábra) alapvetően tükrözte ebben az évben is a domborzati adottságok hatását, azonban ezúttal igen jelentős területi különbségek is adódtak az országon belül. Zala-megyében és a Bükkben jóval 850 mm feletti évi csapadékösszeg adódott. A legmagasabb évi csapadékösszeget (969,6 mm) 2020-ban a Somogy megyei Vése állomáson összegeztük, ahol az évi összeg ötöde, 178 mm, egy nap alatt zúdult le. Máshol 500 mm közelében és az alatt alakult az évi csapadékmennyiség. 2020-ban Fejér megye és Pest megye délnyugati tájaira érkezett a legkevesebb csapadék. A legkisebb évi csapadékösszeget a Bács-Kiskun megyei Tass állomáson jegyeztünk, ahol mindössze 404,5 mm hullott egész évben (1. táblázat). Az év során az állomások országos átlagában összesen 123 napon hullott csapadék, a legtöbb csapadékos nap ( $> 0,1 \text{ mm}$ ) júniusban (15 nap) és októberben fordult elő (13 nap), melytől alig marad el a decemberi (13 nap) érték. 2020-ban a nyári hónapokban és októberben jegyeztünk a legtöbb 30 mm feletti napi csapadékösszeget. 2020-ban 4 nappal kevesebbet jegyeztünk azokból a napokból, amikor a csapadék mennyisége meghaladta az 1 mm-t (normál: 86 nap; 2020: 82 nap). A szokásos éves menet szerint májusban és júniusban kellett volna a legtöbb 1 mm csapadék feletti napot detektálnunk. 2020-ban június (12 nap) és október (10 nap) után júliusban és decemberben fordult elő a legtöbb ilyen nap. A 20 mm-t elérő napokból (2020: 6 nap), és a 10 mm-t elérő napokból (2020: 18 nap) közel ugyanannyi volt, mint az 1981–2010-es átlag. Havas napból lényegesen kevesebb fordult elő a vártnál országos átlagban: 24 helyett 8 nap. A legtöbb havas napot 2020-ban Kékestető állomáson összegeztük (53 nap).

**Légnymás.** A havi átlagos légnymás értékek alapján a nagytérű nyomási képződmények gyakoriságára következtethetünk. 2020-ban Budapest Pestszentlőrincen a tengerszintű légnymás havi átlaga januárban és novemberben jóval, míg március és május között és július hónapokban csak kismértékben a megszokott értékek felett alakult. Ezekben a hónapokban gyakran hidegpárnás helyzet fordult elő, vagy a kiépülő anticiklonok tartósan fennmaradtak. Igen alacsony havi nyomás volt júniusban és októberben, ami az alacsony nyomású légköri képződmények nagyobb gyakoriságára, egyúttal élénkebb ciklontevékenységre utal (13. ábra).

**Szél.** 2020-ban a szélesebbesség évi átlaga 1–6 m/s között változott, az országos átlag 2,4 m/s-nak adódott. A legmagasabb évi átlagok ( $> 4 \text{ m/s}$ ) a Dunántúli-középhegységben, a Bakonyban fordultak elő, de a Soproni-hegység mellett a Tiszántúlon, azon belül Hortobágyon, és a Körös-Maros közében is az országos átlagnál magasabb (3–4 m/s) szélesebbesség értékek adódtak. Budapest Pestszentlőrinc állomáson a havi átlagos szélesebbesség éves menetében (14. ábra) általában márciusban és áprilisban jelentkezik a maximum, míg a legalacsonyabb értékeit októberben veszi fel. 2020-ban a havi átlagos szélesebbesség egyértelműen februárban volt a legnagyobb (3,6 m/s), melyet a márciusi (2,7 m/s) és a májusban (2,6 m/s) mért érték követ, de még áprilisban is 2,5 m/s adódott. A legalacsonyabb havi átlagos szélesebbeséget ezúttal a szokásostól eltérően novemberben azonosítottuk (1,1 m/s).

1. táblázat: Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései szerint a 2020-as év szélsőségei, a mérés helye és ideje

Elem	Érték	Mérés helye	Mérés ideje
Legmagasabb mért hőmérséklet	37,4 °C	Mezőkovácsháza	2020. 08.30
Legalacsonyabb mért hőmérséklet	-13,2 °C	Zabar	2020.01.08
Legmagasabb minimumhőmérséklet	23,8 °C	Szeged belterület	2020.07. 31
Legnagyobb évi csapadékösszeg	969,6 mm	Vése	
Legkisebb évi csapadékösszeg	404,9 mm	Tass	
Legnagyobb 24 órás csapadékösszeg	178,0 mm	Vése	2020.07.24
Legvastagabb hótakaró	28 cm	Máza	2020.03.25.

## 2020/2021 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF WINTER 2020/2021 Szolnoki-Tótván Bernadett

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., [totivan.b@met.hu](mailto:totivan.b@met.hu)

A 2020/21-es tél összességében a 7. legenyhébb volt 1901 óta, az évszak középhőmérséklete országos átlagban 2,5 °C volt, mely 2,1 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as sokévi átlagot. Az évszakos átlaghőmérséklet az Északi-középhegység kivételével az ország egészén fagypont felett alakult (1. ábra). A sokévi átlaghoz képest a legnagyobb hőmérsékleti eltérést (>3 °C) az Alföld déli részén, illetve a Mátra területén tapasztaltuk (2. ábra). Minden egyes hónap melegebb volt a szokásosnál, hiába volt 2021 januárjában és februárjában is egy-egy hidegebb periódus (6. ábra). A fagyos napok ( $T_{\min} \leq 0$  °C) számának országos átlaga 45 nap volt, ami 18 nappal kevesebb, mint a sokévi átlag. A zord napok ( $T_{\min} \leq -10$  °C) és a téli napok ( $T_{\max} \leq 0$  °C) száma rendre 6 és 13 nappal volt kevesebb, mint az 1991–2020-ra jellemző érték. A tél csapadékösszege 122 mm-nek adódott, ami kevéssel meghaladja az 1991–2020-as átlagot (annak 105%-a). December és január csapadékosabb volt a szokásosnál, február szárazabb (105%, 118% és 94% a normálhoz képest). Az évszakos csapadék az átlagosnál 20%-kal több volt a Tisza vonalától keletre, kifejezetten a Tokaj–Zempléni-hegyvidéken, ahol a szokásos mennyiség kétszerese hullott. Ezzel szemben a Dunántúli-domság, a Mecsek, a Mezőföld területén és Külső-Somogyban az átlagosnál 20–40%-kal kevesebb csapadék hullott (3. és 4. ábra). Országos átlagban 36 csapadékos nap volt, ami 5 nappal több, mint az 1991–2020-es átlag. A téli hónapokban a hótakaró legnagyobb vastagsága Hárskúton 25 cm volt (2021. január 18-án és 19-én). A globálsugárzás az északkeleti országrészben és a középhegységeinkben volt a legalacsonyabb (5. ábra).

**December.** Igen enyhe időjárású volt, a havi közép 3,0 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot. Az 1901-től kezdődő idősorban a 9. helyre került. A havi átlag 0 és +4 °C között változott. A legmelegebb területeket az Alföldön, a keleti határ mentén figyeltük meg, a leghidegebb tájak pedig a Mátrában és a Bükkben voltak. Nagyobb volt a pozitív anomália a Dunától keletre, itt 3–4,5 °C-kal, míg a Dunántúlon csak 2–3 °C-kal volt melegebb. Országosan a fagyos napok száma 8, 12 nappal elmaradva a sokévi átlagtól. Kékestetőn volt a legtöbb fagyos nap (27 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

**17,8 °C, Pocsaj (Hajdú-Bihar megye), december 5.**

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

**-10,4 °C, Kakucs (Pest megye), december 27.**

A száraz novembert egy átlagosan csapadékos december követte. A havi csapadékmennyiség országos átlagban 48 mm volt, így 5%-kal több csapadék hullott a szokásosnál. 14 csapadékos napot

regisztráltunk, a sokévi átlag 11. A DNy-i határszélen, főként a Zalai-domságban a 70 mm-t is meghaladta a csapadék mennyisége. Ugyanakkor a Kisalföldön és a Mezőföldön általában 20–30 mm-t regisztráltunk az egész hónapban.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

**107,4 mm, Kercaszomor (Vas megye)**

A hónap legkisebb csapadékösszege:

**19,6 mm, Nógrádszakál (Nógrád megye)**

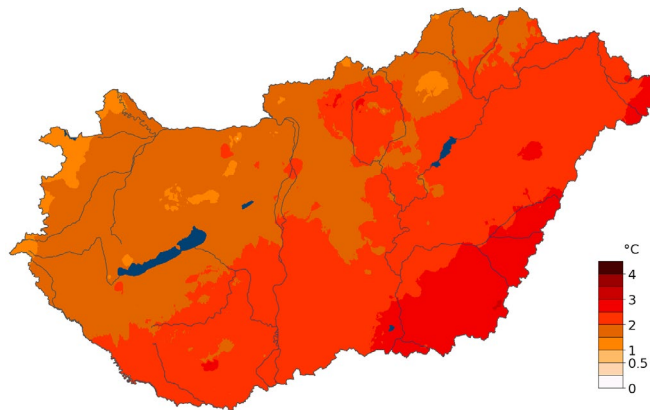
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

**45,1 mm, Felsőszölnök (Vas megye), december 9.**

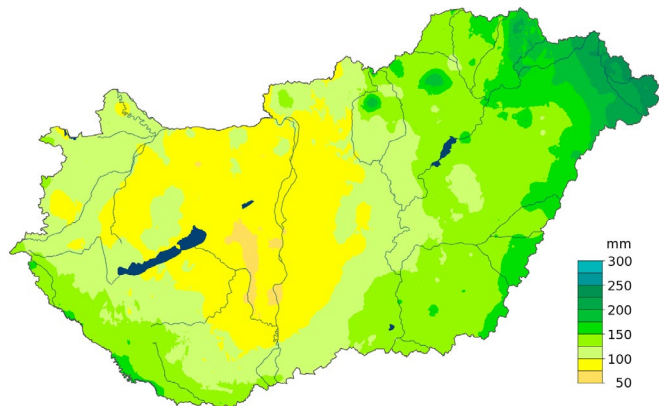
**Január.** Átlag feletti hőmérséklet jellemezte, bár a hónap közepén volt egy erőteljes lehülés a sarkvidéki légtömegek beáramlásának köszönhetően. Országosan a havi középhőmérséklet így is 1,9 °C-kal volt magasabb, mint az 1991–2020-as érték. A legnagyobb pozitív eltérést a Tisza vonalától keletre, a Balaton-



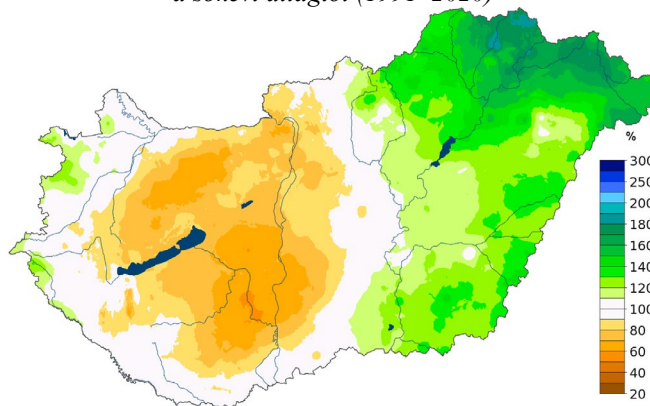
1. ábra: A 2020/2021-es tél középhőmérséklete (°C)



2. ábra: A 2020/2021-es tél középhőmérsékletének eltérése a sokévi átlagtól (1991–2020)



3. ábra: A 2020/2021-es tél csapadékösszege, mm



4. ábra: A 2020/2021-es tél csapadékösszege a sokévi (1991–2020-es) átlag százalékos arányában kifejezve

medence, Külső-Somogy és a Mezőföld déli részén figyeltük meg. 2–3 °C-kal volt melegebb, mint norma. A fagyos napok országos átlaga 20 volt (norma: 23), a téli napoké 5 (norma: 3). A havi maximum 1,1 °C-kal volt magasabb, mint az 1956-ban Ásotthalmon mért érték, így új napi országos rekord.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

**16,6 °C, Sellye (Baranya megye), január 22.**

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

**-16,4 °C, Baja-Csávoly (Bács-Kiskun megye), január 18.**

Az átlagosan csapadékos december után a január is ilyen volt, jelentős területi különbségekkel. Országos átlagban a januári csapadék 39 mm volt, ami a normál 118%-a. Ennek ellenére súlyos csapadékhiány érintette Pest, Fejér, Tolna és Bács-Kiskun megyét, ahol a szokásos mennyiség csupán 10–40%-a hullott. Ezekre a területeken jellemzően még a 15 mm-t sem érte el a havi összeg. Ugyanakkor a Felső-Tisza-vidéken és a Nyírség északkeleti részén a csapadék térben és időben koncentráltan érkezett.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

**104,4 mm, Tornyospálca (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)**

A hónap legkisebb csapadékösszege:

**8,7 mm, Budapest-Állatkert, Budapest-Vízafogó (Budapest.)**

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

**35,2 mm, Sándorfalva (Csongrád-Csanád megye), január 24.**

**Február.** Országosan a havi közép 2,6 °C volt, 1,4 °C-kal magasabb, mint a normál. Az ország nagy részén a középhőmérséklet 0 és +5 °C között alakult. Csak az Északi-középhegységben maradt 0 °C alatt. A Dunántúlon és az Alföld déli részén 5 °C feletti havi értékek is adódtak. A havi átlag az egész országban a

sokévi érték felett alakult. A legnagyobb pozitív anomália az Alsó-Tisza-vidék, a Körös-Maros köze, a Tolna-Baranyai-dombvidék és a Mecsek területén volt, 3 °C az eltérés a sokévi átlagtól. 26-án új napi országos rekord született: a 2008-ban Baja-Csávolyon mért adatnál 1,7 °C-kal magasabb érték. Ezen a napon egyébként 29 állomásunkon haladta meg a napi maximum a 2008-as bajait. A fagyos napok országos átlaga 17 volt (norma: 19). A legtöbb fagyos napot Hidasnémetiben regisztráltuk (25); 24 volt Tésa, Szécsény, Zabar, Sajópuspöki és Nagykálló állomásokon. A téli napok száma 3 volt (norma: 5).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

**22,4 °C, Kiskunfélegyháza (Bács-Kiskun megye), február 26.**

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

**-25,8 °C, Zabar (Nógrád megye), február 13.**

A február kissé száraz volt: országos átlagban 35 mm-t összegeztünk, ami a normál 94%-a. A csapadék területi eloszlása nyugatról kelet felé haladva mutat növekedést. A legtöbb a Felső-Tisza-vidéken és a Nyírség északkeleti részén hullott – akárcsak januárban –, ahol helyenként 70–80 mm feletti volt a havi összeg. Az ország délnyugati részén, a Felső-Zala-völgyben és a Kerka-vidéken a havi összeg 20 mm alatt maradt. A februári legnagyobb napi csapadék egyben a havi összeg egyharmada az állomáson, és az ezt követő napon is 27,2 mm-t mértek itt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

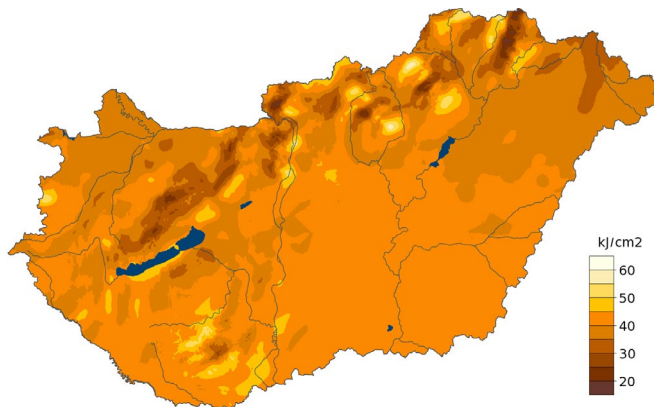
**86,2 mm, Szuha-Mátraalmás (Nógrád megye)**

A hónap legkisebb csapadékösszege:

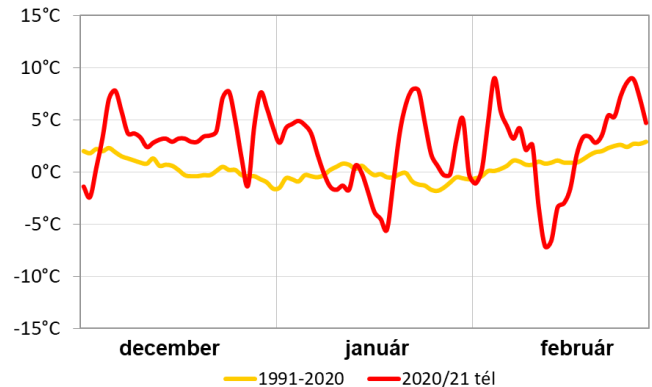
**13,2 mm, Lenti (Zala megye)**

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

**29,2 mm, Szuha-Mátraalmás (Nógrád megye), február 9.**



5. ábra: A 2020/2021-es tél globálisugárzás összege (kJ/cm<sup>2</sup>)



6. ábra: A 2020/2021-es tél napi középhőmérsékleteinek eltérése a sokévi (1991–2020-es) átlagtól (°C)

### 2020/2021 tél időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm <sup>-2</sup>		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 <sub>x</sub> ≥ 15 ms <sup>-1</sup> )
Szombathely	246	22	42	2,4	2,3	20,1	02.24	-10,8	02.15	84	98	17	5
Nagykanizsa			43	2,6	2,3	19,6	02.26	-11,1	02.13	114	90	18	3
Pér			41	2,5		21,4	12.17	-11,9	02.13	86		19	13
Siófok			39	3,0	2,4	14,9	01.22	-6,2	02.13	73	70	16	11
Pécs	301	64	47	3,5	2,7	20,1	02.26	-10,2	02.13	97	83	22	6
Budapest	267	40	41	2,8	2,3	19,2	02.26	-11,2	02.13	91	91	19	2
Miskolc	211	8	35	1,6	2,6	14,6	02.24	-14,0	02.13	146	147	25	1
Kékestető	293	26	44	-1,6	1,7	13,9	02.24	-17,0	02.12	135	93	27	24
Szolnok			43	2,7	2,7	20,3	02.26	-13,1	02.13	104	110	19	4
Szeged	272	61	44	3,4	3,1	20,1	02.26	-11,3	01.18	121	125	21	11
Nyíregyháza			37	2,1	2,9	16,4	02.26	-12,2	02.12	157	161	32	6
Debrecen	272	74	41	2,6	3,0	17,7	02.26	-11,0	02.13	122	123	24	3
Békéscsaba			42	3,3	3,3	19,6	02.26	-13,6	02.13	138	123	26	5



## TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK HISTORICAL PORTRAITS

**Baranka Györgyi**

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest Pf.38., [baranka.gy@met.hu](mailto:baranka.gy@met.hu)



**MASSÁNY ERNŐ**

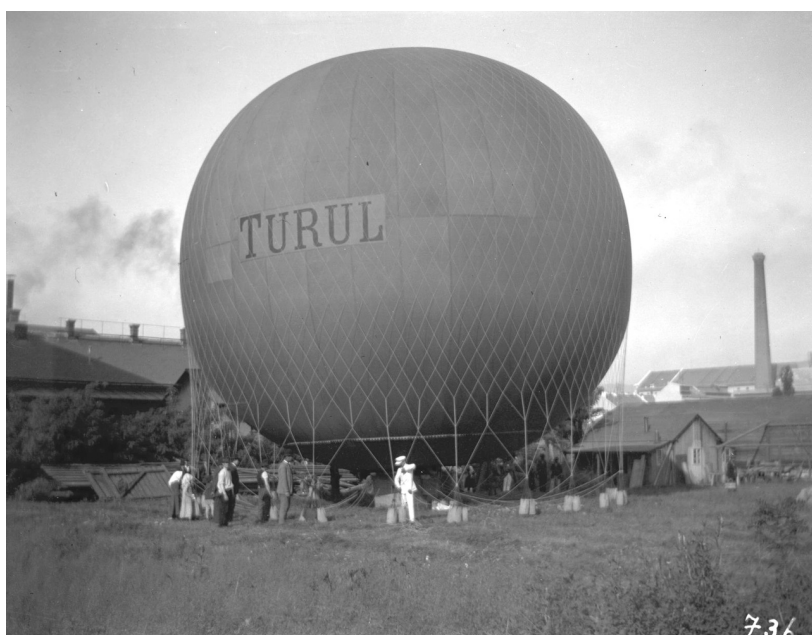
Kispalugya, 1878. november 26. – Budapest, 1946. június 3.

**„A legnépszerűbb magyar meteorológus”**

Nem lehetett a véletlen műve, hogy a Budai Főreálban, ahol korábban *Schenzl Guidó* honosította meg a meteorológia szeretetét, 1898-ban egy végzős osztályban két olyan tanuló is érettségizett, akik a légkör tudományának magas szintű művelését választották élethivatásuknak. Ők *Réthly Antal* a Meteorológiai Intézet későbbi igazgatója és *Massány Ernő* csillagász, meteorológus, aviatikai szakíró. Massány a Pázmány Péter Tudományegyetemen megszerzett diplomával 1902-ben lépett be a Magyar Királyi Meteorológiai és Földdelejtességi Intézet kötelékébe, ahol ekkor *Konkoly Thege Miklós* volt az igazgató. Az intézetnek az ógyallai obszervatórium volt az egyik csillagászati és meteorológiai megfigyelő bázisa. Itt indult el Massány pályafutása, ahol Konkoly Thege ösztönzésére 1902–1904 között csillagásza-

ti megfigyeléseket végzett. Többek között a napfolttevékenységet tanulmányozta és a Jupiter bolygót kutatta.

Massányt 1904-ben visszahelyezték Budapestre, ahol a Meteorológiai Intézet Klimatológiai Osztályára került. Itt az intézmény eredményeinek mind szélesebb körben történő megismertetése érdekében felvette a kapcsolatot napilapokkal, hetilapokkal, amelyeknek így rendszeres szerzője, külső munkatársa lett a természettudományokat érintő témakörökben. Ugyanakkor tudományos tevékenysége se lankadt, hiszen 1906-ban a Pázmány Péter Tudományegyetemen benyújtotta doktori disszertációját „A légköri nedvesség meghatározásának különböző módjai, különös tekintettel a párateltség hiányára” címmel.



A Magyar Aero Club hatalmas sárga léghajója, a Turul.  
(Fotó: Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum,  
Történeti Fényképek Gyűjteménye 2018.618.2.)



Massány Ernő anemométerrel méri a szél sebességét a bécs-budapesti repülőversenyen 1911-ben.  
(Fotó: Országos Széchényi Könyvtár Digitális Képtár: <http://dka.oszk.hu>.)

Massány tevékenysége összefonódott a repülés hőskorával, amikor még úgy látták, hogy hőlégballonokkal fogják meghódítani az eget. Akiket a felsőbb légrétegek kutatása érdekelt, azok számára egyenes út vezetett a hőlégballonok alkalmazásához. Így történt, hogy 1902-ben Konkoly Thege Miklós, Massány Ernő és *Tolnay Lajos* meteorológus alapító tagjai voltak az első Magyar Aero Clubnak. A klub célkitűzései között szerepelt, hogy meteorológiai megfigyeléseket végezzenek a magasban uralkodó légköri folyamatok megismerése érdekében. A társaság még 1902-ben Augsburgban megvásárolta a Turul nevű légballont, az első magyar ballont, amely embereket is képes volt szállítani. Egy éven át hetente egyszer kosarában 4 utassal rendszeresen közlekedett. A Turul felszállásai egyszerre szolgálták a tudományos és sportléghajózás céljait.

Massány aktív szerepet vállalt, több aeronautikával foglalkozó szervezetben. Alapító tagja volt a Magyar Aero Szövetségnek és az 1911-ben létrejött Magyar Géprepülő Szövetségnek. Ekkor már aktív sportélet folyt ezen a téren, rendszeressé váltak a repülőversenyek, repülőnapok, amelyek megrendezésében tevékenyen szerepet vállalt. Lelkes és odaadó munkáját a versenyekről tudósító korabeli újságok is kiemelték.

Külföldi tanulmányútjain megbizonyosodott arról, hogy a felsőbb légrétegek ismerete elengedhetetlen a meteorológiai alap kutatásokhoz. A magas légköri mérésekhez a pilot ballont tartotta a legkorszerűbb eszköznek, ennek rendszeres felbocsátásához pedig jól kiépített megfigyelőállomásra volt szükség. A gellérthegyi Citadelláról 1909. szeptember 1-jén felbocsátotta az első pilot ballont, amelyet ballontávcsővel követett nyomon. Ezek a felszállások számos biztató eredményt hoztak, az egyik ballonja például elérte a 11578 m-es magasságot. A felsőbb légrétegek tanulmányozása érdekében Kecskeméten egy sárkány- és ballonállomás létrehozását szorgalmazta, valamint erős lobbitevékenységet folytatott egy magashegyi meteorológiai állomás megépítéséért is. Számos fórumon fejtette ki nézeteit a Kecskeméten és a Magas-Tátrában megvalósítandó állomások érdekében. Sajnos a kecskeméti sárkány és ballon állomás tervét az első világháború kitörése megghiúsította. Trianon után pedig a magashegyi állomás terve is szertefoszlott.

1917-ben egészségi okokra hivatkozva kérvényezte ideiglenes felmentését a Meteorológiai Intézet kötelékéből, és az ezt követő évtizedben a magyar aviatika fejlődésének szentelte minden idejét. Az első világháború harctéri és háttérrel felderítő repülései, valamint légi csatái ösztönző hatással voltak a légjárművek technikai fejlesztésére, korszerűsítésére. A magyar aviatika ezen felívelő szakasza magával ragadta Massányt is. 1917–18 között az Albertfalvai Repülőgépgyárat igazgatta, ahol favázás szárazföldi és vízi

repülőgépeket, valamint repülőgép motorokat gyártottak. Érdekes, hogy ebben az időben az Albertfalvai Repülőgépgyárban dolgozott, mint fiatal pályakezdő mérnök, Kármán Tódor is, aki a későbbiek folyamán az aerodinamika nemzetközi szaktekintélyévé vált.

Massány az első világháború után nagyon szerteágazó zsurnalisztikai tevékenységet folytatott. Írói vénáját kamatoztatva különböző napilapok állandó külső munkatársa volt 1919-től 1922-ig, ugyanakkor számos aviatikával foglalkozó szaklap szerkesztéséért is felelt. 1911–1912 között a Magyar Automobil és Aviatikai Szemlét szerkesztette, 1917–1922 között az Aerotechnika című lap, míg 1914–1924 között az Aero című lap alapító szerkesztője volt. Ez az időszak volt a magyar aviatika hőskora, amelynek Massány Ernő egyik meghatározó személyisége volt.

1927-től visszatért a Meteorológiai Intézetbe, ahol már Réthly Antal volt az igazgató. Az időjárás előrejelzése gyors fejlődésnek indult, amely kihívásokra a magyar intézetnek is reagálnia kellett. Massányt, mint tapasztalt meteorológus szakembert kinevezték az időjárás előrejelzéseket készítő Prognózis Osztály vezetőjévé, amely tisztséget 1936-ig töltötte be. Újításai között szerepelt, hogy napi kétszer (nappal és éjszaka is) készítettek prognózist, térképeket rajzoltak, és éjszakai szolgálatot láttak el a meteorológusok. 1936 és 1943 között az intézet igazgatója volt, majd helyettes igazgatói címmel nyugdíjazták 1943-ban. A Magyar Meteorológiai Társaság alapító tagja volt, és Róna Zsigmond elnöksége idején 1931–34 között a társaság főtitkári pozícióját is betöltötte.

Igen termékeny tudomány-népszerűsítő tevékenységet folytatott, amelyet rendszeres rádiós bejelentkezései, különböző fórumokon megtartott előadásai, népszerűsítő cikkei bizonyítanak. Massány neve évtizedeken át összefonódott az időjárás előrejelzésével, több százezer magyar rádió-

hallgató számára e név egyet jelentett a várható időjárással. Ezért nevezte Réthly Antal a legnépszerűbb magyar meteorológusnak (*Réthly, 1947*). És talán azért is, mert népszerűsége kollégái között is töretlen volt, szeretetre méltó, kedves egyénisége mindenkit lenyűgözött. Szerteágazó tudományos tevékenysége, írói, lapszerkesztői munkássága ma már nehezen nyomon követhető, hiszen Massány sosem fordított kellő figyelmet írásainak összerendezésére. Remélhető, hogy e cikk is hozzájárul ahhoz, hogy az egykor „legnépszerűbb magyar meteorológus” neve napjainkban se merüljön el a feledés homályában.

### Irodalom

*Réthly, A., 1947: Dr. Massány Ernő emlékezete. Időjárás 23, 4–8.*



*A bécs-budapesti repülőversenyen a felsőbb rétegekben uralkodó szélirány megállapítására szolgáló ballon elbocsátása 1911-ben. (Fotó: Országos Széchényi Könyvtár Digitális Képtárház: <http://dka.oszk.hu>.)*

# ÉVSZAKOS FOTÓGALÉRIA

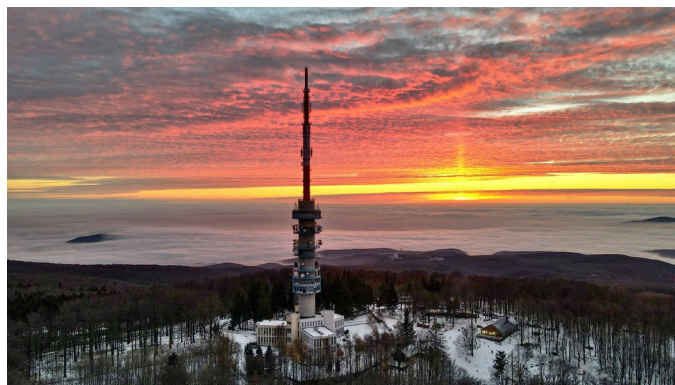
## BEST PICTURES OF THE SEASONS



### Ködív

Tollár Eszter, *Nagykanizsa, 2020. augusztus 20.*

2020 nyarán nem volt ritka a reggeli pára és ködképződés, és az évszakhoz képest gyakoribb volt az alacsony szintű rétegfelhőzet is.



### Ködtenger, „parázsló” altocumulus és naposzlop

Horváth Zsolt, *Kékestető, 2020. december 13.*

A lenyugvó Nap fölötti fényoszlop a középmagas felhőrétegből hulló jégkristályoknak köszönhető.



### Ilyen nincs, és mégis van:

### Éjszakai világító felhőkben fürdő NEOWISE üstökös

Schmall Rafael, *Balatonmáriafürdő, 2020. július 8.*

Az üstökös és a Badacsony kora hajnali megörökítését alapos tervezés előzte meg, de a különösen erős világító felhőkkel azért a szerző sem számolt.



### Zivatar mammatus felhőkkel és szivárvánnyal

Imre Péter, *Fertőd, 2020. augusztus 29.*

A nyár egyik legemlékezetesebb szupercellás zivatarját a legtöbben Győr irányából örökítették meg az érkező peremfelhővel, de a jelenleg hátulról is parádésnak mutatkozott.



### Hóteher alatt roskadozó nyírfák a Kőszegi-hegységben

Hérincs Dávid, *Kőszegi-hegység, 2020. december 10.*

Ausztriában több alkalommal is rendkívüli mennyiségű hó hullott a szezonban. Egy-egy eseményhez az Alpokalja is betársult.



### Jégbe burkolózó Balaton-part

Szentes Olivér, *Fonyód, 2021. február 13.*

A part látványos jegesedése február 10-én este érkezett markáns hidegbetörés eredménye.

