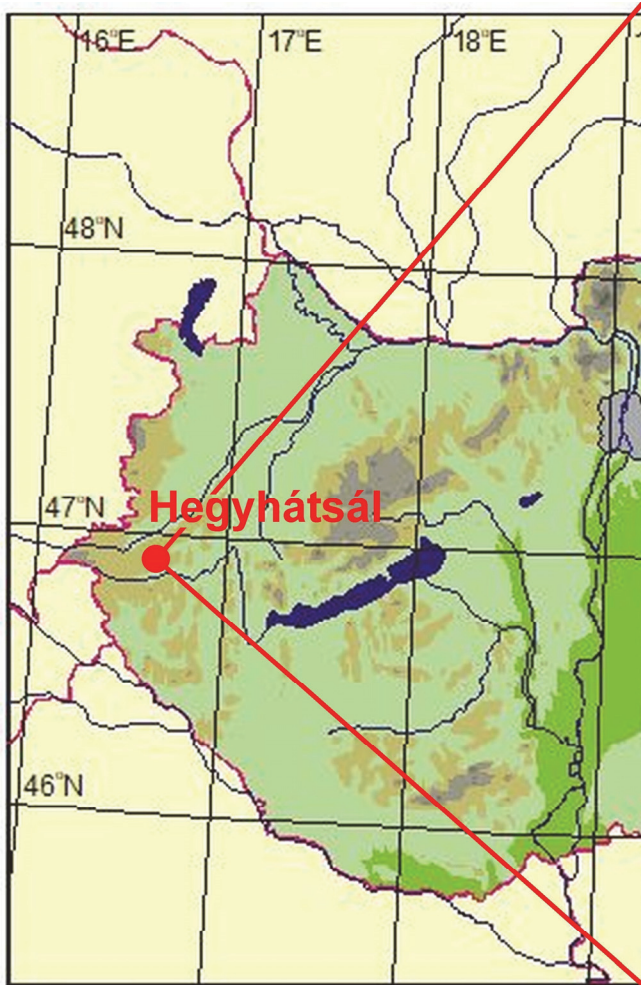


L É G K Ö R

63. évfolyam

2018. 2. szám





A hegyhátsáli mérőállomás és elhelyezkedése (46°57'N, 16°39'E)

(Haszpra László: 25 éves a hegyhátsáli üvegházgáz mérőállomás)

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

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

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

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

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit
Bihari Zita
Haszpra László
Hunkár Márta
Sáhó Ágnes

Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
HM Zrínyi NKft.
nyomdájában
725 példányban

Felelős vezető:
Benkóczy Zoltán
ügyvezető igazgató

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

TARTALOM

CÍMLAPON:

Haszpra László: A hegyhátsági (46°57'N, 16°39'E) mérőállomás jelenlegi műszerparkja	65
Szerzőink figyelmébe.....	66

TANULMÁNYOK

Kovács Erik, Puskás János, Bán Zsombor Balázs és Kozma Katalin: Agroklimatológiai vizsgálatok Kőszeghegylőjén és Vas-hegyen	68
Trájer Attila János: Az <i>Aedes Albopictus</i> Skuse (Diptera: Culicidae) Kárpát-medencei terjedését befolyásoló klimatikus tényezők és a klímaváltozás hatása a faj jövőbeli elterjedésére a térségben	75
Folyovich András, Biczó Dávid, Al-Muhanna Nadim, Jarecsny Tamás, Radics Péter, Kazinczy Rita, Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Fejős Ádám, Fisher Antal és Bereczki Dániel: Ischaemiás stroke és szívinfarktus télen. A fellépés és kimenetel összehasonlítása légköri paraméter alapján	84
Megyeri Otília Anna: A zivatarcella azonosító és követő módszerek alappillérei	88
Füzi Tamás, Mesterházy Ildikó, Bozó László és Ladányi Márta: Az évi csapadék-eloszlás változásának elemzése indikátoranalízissel a Soproni Borvidékre vonatkozóan az 1957–2016-os időszakban rögzített napi adatok alapján	92
Kúti Zsuzsanna, Puskás János és Köcséné Szabó Ildikó: Időjárás frontok hatása a középiskolások szervezeteire	96
Havasréti Béla: Különböző művelésmódú szőlőültetvények izeltlábú faunájának vizsgálata	98

KRÓNIKA

Haszpra László: 25 éves a hegyhátsági üvegházgáz mérőállomás	100
Tóth Róbert: A föld második leghidegebb fővárosában	102
Hoffmann Lilla: 2018 tavaszának időjárása	106

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE:

László Haszpra: Hegyhátsál (46°57'N, 16°39'E) station's current instrumentation	65
Instructions to authors of LÉGKÖR.....	66

STUDIES

Erik Kovács, János Puskás, Zsombor Balázs Bán and Katalin Kozma: Agro-Climatological Investigation in Kőszeghegylő and Vas-hegy (Hungary)	68
Attila János Trájer: Climate Factors Affecting the Spread of <i>Aedes Albopictus</i> Skuse (Diptera: Culicidae) in Carpathian Basin and the Impact of Climate Change on the Spread of Species In the Future in the Region	75
András Folyovich, Dávid Biczó, Nadim Al-Muhanna, Tamás Jarecsny, Péter Radics, Rita Kazinczy, Ferenc Pintér, Ádám Pintér, Ádám Fejős, Antal Fisher and Dániel Bereczki: Ischemic Stroke and Myocardial Infarct in Winter. Comparison of the Onset and Outcome Based on an Atmospheric Parameter	84
Otília Anna Megyeri: The Basics of Thunderstorm Identification and Tracking Methods	88
Tamás Füzi, Ildikó Mesterházy, László Bozó and Márta Ladányi: Analysis of the Change in the Annual Precipitation Distribution by Indicator Analysis for the Wine-Growing Region of Sopron Based on Daily Data Collected in the 1957–2016 Period	92
Zsuzsanna Kúti, János Puskás and Ildikó Köcséné Szabó: Influence of Weather Fronts on the Physical Organization of Pupils	96
Béla Havasréti: Examination of Arthropod Fauna in Different Vineyards Cultivation	98

CHRONICLE

László Haszpra: 25 Year Anniversary of Hegyhátsál Greenhouse Gas Monitoring Station	100
Róbert Tóth: In the Second Coldest Capital City in the Earth	102
Lilla Hoffmann: Weather of Spring 2018	106

AGROKLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATOK KŐSZEGHEGYALJÁN ÉS VAS-HEGYEN

AGRO-CLIMATOLOGICAL INVESTIGATION IN KŐSZEGHEGYALJA AND VAS-HEGY (HUNGARY)

Kovács Erik¹, Puskás János², Bán Zsombor Balázs³, Kozma Katalin⁴

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Környezettudományi Doktori Iskola
H-1116 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, *kovacserek19@gmail.com*

²ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Savaria Földrajzi Tanszék
H-9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4, *pjanos@gmail.com*

³BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

⁴Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Környezetmérnöki Tanszék

Összefoglalás. Agroklimatológiai és növényfenológiai kutatásunkat a Soproni borvidék kőszeghegyalja-vaskeresztesi körzetén végeztük. Először az éghajlati paraméterek általános elemzését végeztük el, majd azon indikátorokat vizsgáltuk, melyek a borszőlő (*Vitis vinifera* L.) fenológiai vizsgálatánál elengedhetetlenek (pl. Huglin-index, Gladstones-féle fagyindex stb.). A tenyészidőszak alatt szignifikánsan nőtt a minimum, a maximum hőmérséklet és szignifikánsan csökkent a lehullott csapadék mennyisége az elmúlt 30 évben, de a konvektív csapadékos napok száma azonban 14-gyel nőtt. Minden indikátor jelentős változást mutat a korábbi 30 évhez viszonyítva a vizsgált térségben.

Abstract. A comprehensive phenological investigation has been made in the district Kőszeghegyalja-Vaskeresztes of Sopron wine-growing region. For one, a general investigation of the climate parameters has been made, and then all those indices were analysed, which are inevitable in the grape (*Vitis vinifera* L.) phenological researches (e.g. Huglin-index, Gladstone's Spring Frost Index etc.). Over the past 30 years, the minimum and maximum temperatures significantly increased, the precipitation decreased, nevertheless, the convective precipitation increased by 14 days during the growing season. Each climate indicator has changed considerably between 1986 and 2015 compared to the previous 30 years (1956–1985).

Bevezetés. A 21. század egyik legjelentősebb regionális kihívása a klímaváltozás és a mezőgazdaságban fellépő szélsőségek elleni alkalmazkodás és védekezés. Az emelkedő hőmérsékletnek a tenyészidőszak alatt és nyugalmi időszakban már látható jelei vannak Európában (Cook és Wolkowich, 2016). A szőlőtermesztésre alkalmas területek északi határa mára 150–200 km-rel eltolódott, mely az egyes klímaszcenáriók eredményei alapján a század második felére elérheti a 350–400 km-t (Mozell és Thach, 2014). Az éghajlatváltozás számos pozitív és negatív hatást indukál (Parry et al., 2014). Ha a Kárpát-medencét nézzük, láthatjuk, hogy az időjárásban megnövekedett extrémítások (pl. villámárvizek, hóhullámok, aszályok, jégkarak stb.) jelentős hatást gyakorolnak a növény- és állatvilág életfolyamataira (Bartholy et al., 2011). Különösen a haszonnövények reagálnak érzékenyen a mi szélességi területünkön a megváltozott körülményekre, ezáltal a legjelentősebb indikátorai a változásoknak (Durack et al., 2014). A szőlő termésének minősége és mennyisége jelentősen függ az adott térség mikro- és mezoklimatikus adottságaitól (Fraga et al., 2013). Nagyon lényeges minden esetben a talaj-klíma-szőlőfajta egyensúlyt figyelembe venni a termesztéshez (Fraga et al., 2014). Ezen egyensúlyi helyzet inoghat meg negatív vagy pozitív irányba a klíma megváltozásának eredményeként, ezért rendkívül fontos azon szőlőfajták és klónjaik telepítése, melyek képesek alkalmazkodni a változásokhoz. Kutatásunk fő célja az volt, hogy vizsgáljuk a Soproni borvidékhez tartozó Kőszeg-hegyalja és Vas-hegy éghajlati kondícióit a borszőlő (*Vitis vinifera* L.) termesztési szempontból az utolsó lezárt 30 évre (1986–2015) vetítve.

Anyag és módszer. Kutatásunkat Soproni borvidék kőszeghegyalja-vaskeresztesi borkörzetén végeztük. 13

meteorológiai állomás adatait használtuk fel. Az Országos Meteorológiai Szolgálat két a borvidék közelében található szombathelyi és kőszegi állomását, az osztrák intézet (ZAMG) urgenlandi állomását, mely az osztrák-



1. ábra: A telepített meteorológiai állomások, melyeket a kutatásnál használtunk

magyar határtól (Vas-hegy) kb. 5 km-re van telepítve, valamint kalibrált, magán állomás, melyek közül hármat mi telepítettünk (1. ábra). Vizsgáltuk a hőmérséklet, csapadék évi, tenyészidőszaki és nyugalmi időszaki változását, illetve az ezekből származtatott legfontosabb, a szőlészet-borászat ágazatban használt klimatikus indikátorokat. A szőlőterületek termőhelyi minőségének elemzéséhez nem elegendő csak az évi középhőmérséklet és az

évi csapadékösszeg vizsgálata, mivel ez csak egy sekélyes, felületes eredményt tud mutatni egy adott borvidék éghajlatáról. Ezért szükséges az egyes fenológiai fázisok ideje alatti időjárást és éghajlati indexeket is vizsgálni. A borszőlő a könnyezés, rügyfakadás és virágzás idején alig használ a sejtpépítéshez nedvességet, míg a zsendülés után (tenyészidőszak 2. fele) már nagy mennyiségű nedvességet hasznosít. Az indikátorok vizsgálatánál az éghajlati normálidőszak 1986–2015 volt. Ezt hasonlítottuk össze az ezt megelőző 30 év átlagával. A vizsgálat során homogenizálást és interpolálást kellett végeznünk, illetve korreláció, lineáris regresszió és szórás analízist végeztünk, a véletlenszerűség kizárása céljából.

A kutatás során a hőmérsékletből és a csapadékból származtatott szélsőséges indexek közül a nyári ($T_{\max} > 25\text{ °C}$), a hőség ($T_{\max} > 30\text{ °C}$), a téli ($T_{\max} < 0\text{ °C}$), a fagyos ($T_{\min} < 0\text{ °C}$), az extrém zord ($T_{\min} < -10, -17\text{ °C}$), a nagy csapadékú ($R_{\text{nap}} > 10\text{ mm}$), az extrém nagy csapadékú ($R_{\text{nap}} > 20\text{ mm}$), és a száraz napok ($R_{\text{nap}} < 1\text{ mm}$) számát és változását vizsgáltuk.

Éghajlati adatok elemzésénél a növényeknél nem szabad elhagyni hőmérséklet szempontjából a tenyészidőszak alatti aktív hőösszeg (az a 10 °C feletti plusz hőösszeg, amikor a növény bizonyos életfolyamatai elindulnak) értékét. Továbbá meg kell említeni a szőlő növény esetében a Huglin-index (Huglin melegösszeg-index) értékét. A Huglin-index a borvidékek számára kialakított, majd finomított és pontosított bioklimatikus meleg-index, amely a 10 °C -ot meghaladó középhőmérsékletű napok április 1. és szeptember 30. közötti összegét adja meg, a $40\text{--}50^\circ$ szélességi körök között változó fotoperiódust figyelembe véve (Hoppmann, 2010).

A Huglin-index kalkulációja a következő az északi féltekére (Huglin, 1986; Maaß és Schwab, 2011):

$$HI = K \sum_{04.01.}^{09.30.} \frac{(T_{\text{átl}} - 10) + (T_{\text{max}} - 10)}{2} \quad (1)$$

ahol $T_{\text{átl}}$ = napi középhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), T_{max} = napi maximum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$). A bázis hőmérséklet = 10 °C , K a földrajzi szélességtől függő érték ($40^\circ = 1,02$, $50^\circ = 1,06$), mi $1,05$ -tel kalkuláltunk. A szőlő a tavaszi időszakban a könnyezés és a rügyfakadás idején rendkívül érzékeny a fagyokra. Ilyenkor már gyenge fagy esetén is károsodás történhet az egyes növényi részekben, sejtekben, ezért alakították ki a fagyindexeket, melyek a gazdáknak segíthetnek az egyes termőhelyek kiválasztásánál. A fagy kockázatát meghatározza egy-egy termőhely, tókesor esetén a magasság, a lejtőszög, a lejtőkitettségek, a talaj (albedó), a fajta és a művelési mód. Fontos megjegyezni, hogy a vizsgált térségben – főleg Kőszeg-hegyalján és a Vas-hegy területén – jellemző, hogy kis területen belül is, sajátos mikroklímával rendelkező kisebb egységek alakultak ki, ezért előfordul, hogy 1–1 tókesorban eltérő a tavaszi fagy kockázata. A tavaszi fagy kockázatának becslésére az egyik legmegfelelőbb indikátor a Gladstones-féle tavaszi fagyindex. Kalkulációja Gladstones (1992) szerint:

$$SFIg = \frac{AT_{\text{max}} + AT_{\text{min}}}{2} - \min T_{\text{min}} \quad (2)$$

ahol AT_{max} = havi átlagos maximum hőmérséklet, AT_{min} = havi átlagos minimum hőmérséklet és $\min T_{\text{min}}$ = legalacsonyabb hajnali hőmérséklet áprilisban.

Véleményünk szerint ez az indikátor nem a legmegfelelőbb egy hosszútávú trend felállítására, mivel április hónapban egyre több a nyári nap ($T_{\text{max}} > 25\text{ °C}$) az utóbbi 15–20 évben, másrészt paraméterei csak egy adott év, április havi utólagos kockázati leírására elegendők. Ennek ellenére megpróbáltuk az utolsó 30 évet átlagolni. A Gladstones tavaszi fagyindexen túl pontosabban is megbecsülhető egy adott termőhely tavaszi fagykockázata más indexekkel:

$T_{\text{min}4i5}$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban

$T_{\text{min}+5\ 4i5}$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban a talaj felett 5 cm-es magasságban

$T_{\text{min}+50\ 4i5}$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban a talaj felett 50 cm-es magasságban.

Az utolsó két indikátort adathiány miatt csak a 2005 utáni időszakra tudtuk elemezni. Az előzőekben említett indikátorokon kívül az alábbiakat vizsgáltuk még:

Tenyészidőszaki átlag, maximum és minimum hőmérséklet, tenyészidőszaki csapadék, szőlő fagyindex, virágzás idejének hőmérséklet, virágzás idejének csapadék, érés idejének hőmérséklet, érés idejének csapadék, szüret idejének maximum hőmérséklet, tenyészidőszaki csapadékos napok száma, nyári csapadék mennyisége, téli csapadék mennyisége, havas és hótakarós napok száma. A kutatást személyesen a borászok, pincészetek és gazdák segítségével terepen végezzük. Naponta a terepen vagyunk a rügyfakadás, fővirágzás és a szüretelés időpontjaiban. A többi fenofázis időszakában hetente többször végzünk megfigyeléseket.

Morfológia, éghajlat. Kőszeghegyalja és Vas-hegy szőlőterülete, amely komoly történelmi múlttal rendelkezik, a 2000-es évek óta a Soproni borvidékhez tartozik; addig önálló borvidék volt. Hazánk legnyugatibb borkörzete a Sopron-Vasi-síksághoz tartozó Ikva-sík kistáj lejtőin, valamint Vas megyében a Vas-hegy és a Kőszeghegyalja lankáin alakult ki. Átlagos tengerszint feletti magassága $230\text{--}300\text{ m}$. A Soproni borvidék kőszeg-vaskeresztesi körzetének nagy részén agyagbemosódásos barna erdőtalajok találhatóak, amelyek erősen savanyú és rossz vízgazdálkodású talajok, de területükön mégis mezőgazdasági tevékenység folyik (Dövényi, 2010). Csak 2%-a számít termékeny öntéstalajnak. A terület nagy része Péczely éghajlati osztályozási rendszere szerint a mérsékelt hűvös-mérsékeltlen nedves és a hűvös-mérsékeltlen nedves körzetbe tartozik (Péczely, 2002). Az évi középhőmérséklet $8\text{--}9\text{ °C}$ (Justyák, 1998), az évi csapadékösszeg átlaga pedig $720\text{--}730\text{ mm}$ körüli (a kőszeg-vaskeresztesi körzet a csapadékosabb). A napsütéses órák száma $1800\text{--}1850\text{ óra}$ (Puskás és Károssy, 2013). Ha csak e három paraméter éghajlati 100 évi törzsértékét (1901–2000) nézzük, akkor megállapítható, hogy nem a legideálisabb hely a jó minőségű borszőlő termesztéséhez, mivel a legtöbb borszőlőfajta számára alacsony az évi középhőmérséklet, sok a csapadék és a szükségesnél kevesebb a napsütéses órák száma. Az öt leggyakoribb szőlőfajta Kirsch (2007) szerint a Kékfrankos (Blaufränkisch), Zweigelt, Blauburger, Cabernet Sauvignon és a Zöld Veltelini (Grüner Veltliner).

A borvidék klímája miatt a vörösborok hűvös karakterűek, frissek, főként pirosbogyós gyümölcsökre emlékeztető aromákkal rendelkeznek. A legjobb termelők a vörösborok készítésére specializálódtak, sok esetben nem is termelnek fehérbort, vagy ha igen, akkor csak kínálatuk alsó szegmensében találjuk meg ezeket.

A szőlő közepesen vízigényes növény, ahol eléri az évi csapadékmennyiség az 500–600 mm-t, ott már sikeresen termesztető, 400–500 mm alatt rendszeresen öntözni kell, amellet, hogy egy bizonyos fokig a szőlő jó aszálytűrő növény (*Hönig és Schwappach*, 2003). 800 mm feletti és magas páratartalmú területeken növekszik a gombás megbetegedések száma, ezáltal a gazdáknak e területeken sokkal többször kell védekezniük a szőlőbetegségek ellen. Mint korábban írtuk a vizsgált területen az évi átlagos csapadékösszeg 720–730 mm körüli. Ez több, mint amennyi a szőlő igényeinek megfelelő lenne, de nem annyira kirívó, mint egyes francia, német vagy svájci borvidéken.

A borvidék területén a legtöbb csapadék a 30 évi homogenizált átlag alapján a májustól augusztus végéig terjedő időszakban hullik, közel 350 mm. Ez az időszak a szőlő tenyészidőszakában a virágzástól az érés fázisáig tartó periódus. Nagyon fontos tehát, hogy minden évben megfelelő mennyiségű csapadék hulljon, hogy a növény a sejtépítéséhez kellő mennyiségű nedvességet tudjon felhasználni.

Nagyon releváns tényező a csapadék intenzitása (teljes csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa $R_{sum}/RR1$) is, mely a környezeti és gazdasági károk mérséklése szempontjából alapvető fontosságú.

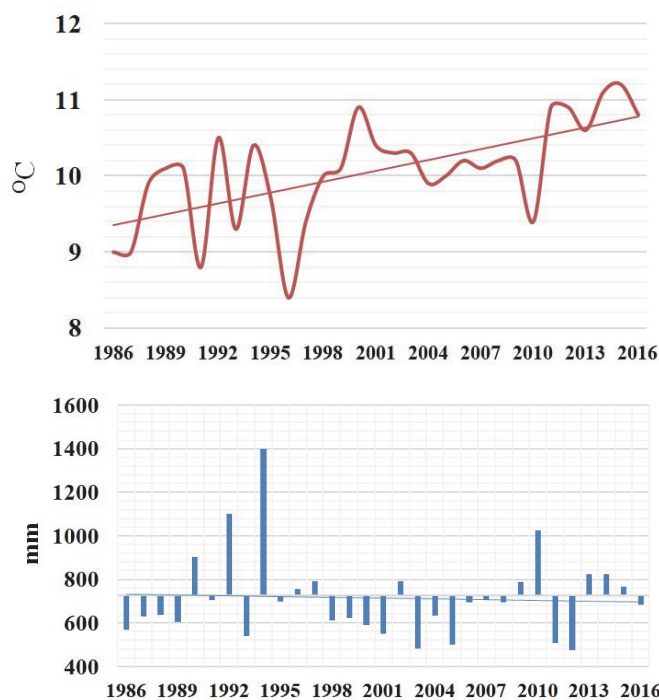
A Keleti-Alpok felett nyaranta orografikus zivatarok alakulnak ki, melyek a Soproni borvidék időjárását a nyári évszakban jelentősen befolyásolják. Orografikus zivatarok akkor alakulnak ki, amikor egy adott irányú vízszintes légáramlás egy hegybe ütközik, és ott emelkedésre kényszerül. Ilyen esetben az áramlási oldalon a levegő folyamatosan hűl, és egy idő után telítetté válik, eléri a harmatpontot, vagyis ekkor megindul a felhőképződés (*Sándor és Wantuch*, 2005). Hazánkban az orografikus hatás a viszonylag alacsony tengerszint feletti magasság miatt nem túl jelentős, leginkább az Északi-középhegységben, a Bakonyban, a Mecsekben, illetve a Soproni-hegységben, a Kőszegi-hegységben fordulnak elő ilyen zivatarok (*Károssy*, 2004). A zivatarok és kísérőjelenségeik (2 mm átmérő feletti jégzemcséjű jégeső, kifutószelek, felhőszakadás stb.) gyakran okoznak károkat a helyi szőlőkben. Ezek részaránya az összes kárnemen belül eléri a 48%-ot a 2000–2016 közötti időszakban a hegybíróktól, falugazdászoktól és a Magyar Biztosítók Szövetségétől (MABISZ) kapott adatok alapján.

Kőszeghegyalja és Vas-hegy aszálytól nem veszélyeztetett bortermő terület (*Bussay et al.*, 1999). Aszályról akkor beszélhetünk, ha nagy hősséggel párosuló hosszan tartó csapadékhiány alakul ki. Más megfogalmazásban, ha a napi hőmérsékleti maximum meghaladja a 25 °C-ot és a talaj nedvességtartalma 20% alá csökken (*Keddy*, 2007).

A ködös napok száma a borvidék területén átlagosan 50–55 nap. Mivel a megyében rengeteg csermely és patak folyik és ezek rendszerint kis völgyekben húzódnak, kisebb mikroklimatikus területek alakultak ki, ahol

– főleg az Ikva-sík területén – előfordul, hogy évente eléri a 75–90 napot a ködös napok száma.

A csapadék mennyiségén kívül fontos a csapadék fajtája is a szőlő termesztetőségének szempontjából. Itt kell megemlítenünk a hótakarós napokat. A hótakarós napok (a talajt hó borítja) száma releváns tényező, mivel a hó olvadásakor lassan szivárog be a talajba, ezáltal a talaj mélyebb rétegeibe is lejut a nedvesség, s ez főleg a mélygyökérzetű, idősebb növények számára elengedhetetlen. A gyökérzetnek nincs nyugalmi ideje. Ha a talaj hőmérséklete nem süllyed 5–6 °C alá, a gyökér növekedése vertikálisan és horizontálisan is folyamatos. Ehhez a szőlőnek nedvességre van szüksége. A téli szilárd halmazállapotú csapadék „szigetelő” tulajdonságával megvédi a fiatal szárrészeket az erős fagyoktól. Kőszeghegyalja és Vas-hegy hóborítottsága az 1956–1985 közötti időszak átlaga alapján 43 nap, mely az utóbbi 30 évben jelentősen változott. A borvidék éghajlati adottsága



2. ábra: Az évi középhőmérséklet alakulása (fent) és az évi lehullott csapadék (lent) 30 évi átlagtól való eltérése 1986–2015 között a vizsgált területen (OMSZ, saját, ZAMG adatok alapján)

gai arra engednek következtetni, hogy a terület az északi borszőlő fajták és a csapadékot kedvelők számára ideális, míg a mediterrán vagy a kevés csapadékot igénylő fajták számára nem. Utóbbiak azon területeken termesztetők sikeresen, ahol legalább 2150–2200 °C a Huglin-index értéke, 2100–2200 óránál magasabb a napsütéses órák száma és a csapadék nem éri el a tenyészidőszakban a 300 mm-t (*Clarke és Rand*, 2001).

Eredmények. 1956 és 2015 között 0,9 °C-kal emelkedett az évi középhőmérséklet a Soproni borvidék területén, 0,8 °C-kal a kőszeg-vaskeresztesi körzet területén (2. ábra). A hőmérséklet emelkedésének gyorsulása az 1980-as évek második felétől figyelhető meg. 1986 és 2015 között a hőmérséklet emelkedése szignifikáns, elérte az 1,2 °C-ot. A vizsgált térségben az 1956–2015 között

ti időszak tíz legmelegebb évéből hetet 1990 után mértek. A négy legmelegebb középhőmérsékletű év 2015 (11,4 °C), 2014 (11,2 °C), 2012 (10,9 °C) és 2011 (10,8 °C) volt. Amennyiben évszakonként is analizáljuk a hőmérséklet változását, sokkal erőteljesebb módosulást láthatunk egy-egy szezonális hőmérsékleti átlag esetében. Szignifikánsan emelkedett a tavasz, a nyár és az őszi középhőmérséklete, télen is történt változás, azonban nem szignifikáns. A hőmérséklet legerőteljesebb emelkedése nyáron figyelhető meg. A nyári középhőmérséklet több mint 1,1 °C-kal emelkedett az 1956–2015 közötti időszakban, 1986 és 2015 között eléri az 1,6 °C-ot a korábbi időszakhoz viszonyítva. A három nyári hónap közül júliusban és augusztusban emelkedett legerőteljesebben a havi középhőmérséklet. Az előbbinél eléri az 1,8 °C-ot, utóbbinál az 1,5 °C-ot. Itt fontos megjegyezni, hogy az utolsó 15 évben csak három olyan esztendő volt, mikor nem regisztráltak a vizsgált területen egyetlen forró napot ($T_{\max} > 35$ °C) sem.

A tavaszt és az őszt gyakran nevezik átmeneti évszaknak, mivel kora tavasszal gyakoriak még a téli évszak jellemzői (nappali, éjszakai fagyok, havazás, hózápor), áprilisban egyre gyakoribbak a nyári napok, májusban pedig a hőségnapok. Kora ősszel, főleg szeptemberben a nyári napok, hőségnapok és a forró napok ($T_{\max} > 35$ °C) száma egyre magasabb, október végén, november elején pedig már havazhat, erős fagyok is előfordulnak (Justyák, 1998).

A tavaszi középhőmérséklet rendkívül fontos a mezőgazdaság számára, kora tavasszal kezdődik a könnyezés, áprilisban a rügyfakadás, és egyes években május végén a virágzás.

A tavaszi középhőmérséklet a vizsgált térségben 1956–1985 között 9,5 °C volt. Ez az érték az 1986–2015 közötti időszakban már 11 °C.

A tavaszi hónapok közül áprilisban és a májusban figyelhető meg szignifikáns hőmérséklet emelkedés. A havi középhőmérséklet áprilisban 1,6 °C-kal, májusban 1,5 °C-kal volt magasabb az 1986–2015 közötti időszakban, mint korábban.

Az őszi hőmérsékleti középértéke 1981–2010 között 8,9 °C volt, mely 1986–2015-ben már 10 °C. Szeptemberben 1,2 °C-ot, októberben 0,8 °C-ot, novemberben 1 °C-ot emelkedett a havi középhőmérséklet.

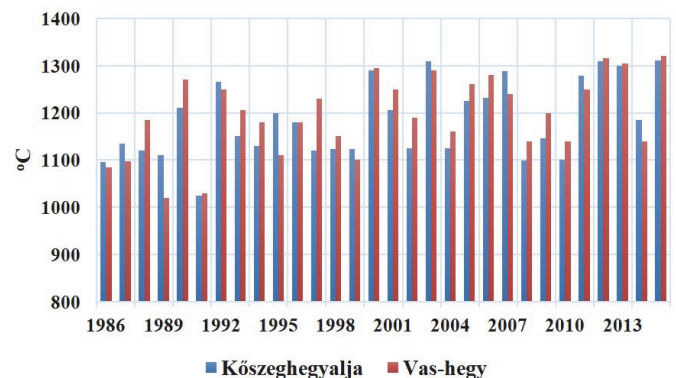
A téli középhőmérséklet nem mutat szignifikáns változást, kevesebb, mint 0,7 °C volt az emelkedés. A téli középhőmérséklet emelkedése a téli csapadék (hó, havas eső) csökkenéséhez vezetett az elmúlt időszakban, illetve a téli és a fagyos napok csökkenéséhez.

A Soproni borvidéken a tenyészidőszak átlagos ideje április 15 – október 31, a nyugalmi időszaké november – április. Szignifikánsan változott a tenyészidőszaki és a nyugalmi időszak átlaghőmérséklete is. 1986–2015 között a tenyészidőszak alatt a korábbi időszakhoz viszonyítva 1,6 °C-ot emelkedett a hőmérséklet, a nyugalmi időszakban pedig 1,1 °C-ot.

A tenyészidőszaki aktív hőösszeg változása. A szőlő vegetációs ciklusainak zavartalan lefolyásához a növényt ért hőmérsékleti hatások összegzése nélkülözhetetlen. Ez az ún. aktív hőösszeg. Az aktív hőösszeg értékét úgy

kapjuk meg, hogy a tenyészidőszak folyamán a + 10 °C (biológiai nulla fok) feletti hőmérsékleti értékeket összeadjuk (Tonietto és Carbonneau, 2004). Ez alapján megállapítható, hogy 1986 óta a hőösszeg értékek jelentősen változtak a kőszeg-vaskeresztesi körzet területén 1090 °C-ról 1220 °C-ra (3. ábra).

Csapadék. A csapadék a Kárpát-medencében térben és időben változókéony éghajlati paraméter, ezért nem is lehetséges egységes, pontos leírást adni az esetleges csapadékváltozásról. Az eredmények pontosabb leírásához sokkal sűrűbb meteorológiai állomáshálózatra lenne szükség, ezért itt is nélkülözhetetlen volt homogenizálni a kapott adatokat. A csapadék általános elemzésekor célszerűbb százalékos formában leírni az esetleges változásokat. Az évi lehullott csapadék változása nem szignifikáns a vizsgált térségben 1956 óta, bár a korábbi idő-

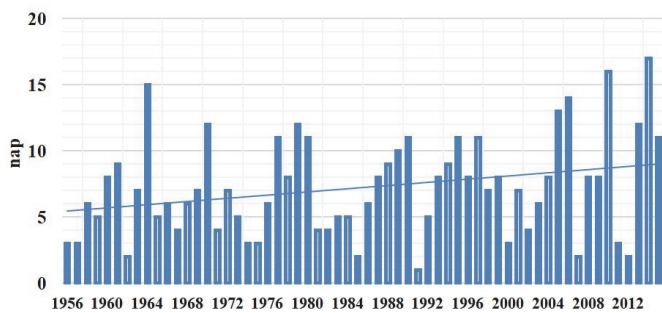


3. ábra: A tenyészidőszak aktív hőösszege évenként Kőszeghegyalján és Vas-hegyen 1986–2015 között

szakhoz képest 5–6%-kal csökkent az évi lehullott csapadék mennyisége (2. ábra). A csapadékosabb terület továbbra is a kőszeg-vaskeresztesi körzet. 1990 óta mérték a három legcsapadékosabb (1992, 1993 és 2010) és az elmúlt 115 év két legszárazabb évét (2012, 2011). Az évszakok esetében nyáron és télen történt szignifikáns változás a csapadékban. Nyáron szignifikánsan csökkent, kb. 19–20%-kal a lehullott csapadék mennyisége, télen pedig szignifikánsan nőtt, kb. 25%-kal. Tavasszal és ősszel is csökkent a lehullott csapadék mennyisége, tavasszal 4–5%-kal, ősszel 7–8%-kal. A tenyészidőszak alatt szignifikánsan csökkent 15–16%-kal, amellyel, hogy nőtt a konvektív eredetű csapadék aránya és mennyisége. A tenyészidőszak alatt felvett víz és nedvesség 88%-át a kötődés és a beérés fázisában használja fel a szőlő, a tenyészidőszak első felében a rügyfakadástól a virágzás végéig csak 12%-át (Currle et al., 1983), ezért a csapadék, mint indikátor a tenyészidőszak második felében releváns. A nyugalmi időszak alatt 18–19%-kal nőtt a lehullott csapadék mennyisége 1986–2015 között.

Hőmérsékleti indikátorok változása. A vizsgált borvidéken szignifikánsan csökkent a fagyos és a téli napok száma egyaránt, előbbi 108-ról 92-re, utóbbi 28-ról 20-ra. A zord napok ($T_{\min} < -10$ °C) szükségesek a szőlő kényszernyugalmi állapotához. Ismeretes ugyanis, hogy a rügyek csak a kedvezőtlen, hideg, fagyos időjárás miatt

maradnak nyugalomban (Frankel, 2014). A zord napok száma 51-ről 22-re csökkent, ami szignifikáns változást jelent. Kedvező változás, hogy csökkent a késő őszi és a késő tavaszi fagyos napok száma az 1986–2015 közötti időszakban, illetve az extrém hideg napok – különösen a -17 °C -nál hidegebb éjszakák – és az extrém zord napok jelentős csökkenése. A nyári napok száma 41-ről 53-ra nőtt. A 25 °C feletti napok számának növekedése hozzájárulhat egyes években a gyorsabb éréshez és a magasabb cukortartalom eléréséhez, emellett abban az esetben jelent pozitív változást, ha a levegő páratartalma nem ér el egy kritikus szintet, mely már a szőlő kártevőinek – főként a gombáknak – kedvez a terjedésben (Christiansen, 2011). A vizsgált térségben a Kárpát-medencei trendhez hasonlóan jelentősen nőtt, közel 250–300%-kal a hőségnapok és a forró napok száma. Önmagában a hőségnapok és forró napok magas száma nem okozhat gondot a szőlőtermesztésben (Szicílián az évi hőségnapok száma 65–70 nap). Ez csak akkor jelent veszélyt, ha nincs megfelelő védekezési forma és a napokon át tartó forróság eredményeként a friss zöld hajtások, a virágzat, a gyümölcs gumók és a levélzet is károsodhat, illetve tartós 38 °C feletti hőmérséklet esetén a szőlő növény fotoszintézise lassulhat és leállhat (Frankel, 2014). Az



4. ábra: Az extrém nagycsapadékú napok évi száma Kőszeghegyalján és Vas-hegyen 1956-2015

1986–2015 közötti időszakban a 38 °C feletti napok átlagos száma 1/év.

Csapadékindikátorok változása. A csapadék szélsőségei közül a nagycsapadékú napok ($R_{\text{nap}} > 20\text{ mm}$) száma mutat szignifikáns változást. A 20 mm-t meghaladó csapadékú napok száma szignifikánsan növekedett (4. ábra). Ennek oka a konvektív eredetű, rövid idő alatt lehulló csapadék és a csapadék intenzitás növekedése a májusszeptember közötti időszakban, amellett, hogy csökkent a zivataros napok száma a korábbi 44 napról, 31 napra. Az elmúlt 30 évben nem változott jelentősen a konvektív eredetű csapadékhoz (zápor, zivatar) és kísérőjelenségeihez (jégeső, kifutószél, felhőszakadás) kapcsolható károkozás. Azokon a tökesorokon okoz problémát, ahol a terep lejtőszöge meghaladja az 5° -ot, a növényritkulás és a talajerózió markáns. Pozitív változás, hogy közel 25%-kal csökkent a 30 mm-t meghaladó extrém csapadékú napok száma. Nem mutatható ki szignifikáns változás az 1 mm-nél és a 0,1 mm-nél kisebb csapadékú napok számának változásában. Nőtt mindkét szélsőség száma, de nem szignifikánsan. A havas és hótakarós napok is szignifikánsan csökkentek. Előbbi az 1986–2015 közötti időszakban 22%-kal, utóbbi 35%-kal.

Huglin-index. A Huglin-index értéke számításaink szerint az 1986–2015 közötti időszakban a Soproni borvidék területén $1890\text{--}2100\text{ °C}$ között ingadozik. Az évenkénti

1. táblázat: A borvidék alkalmassága a Huglin-index 1986–2015 közötti átlaga

Érték, °C	Szőlőfajta	Megfelelés
$HI \leq 1500$	termesztésre alkalmatlan	igen
$1500 \leq HI \leq 1600$	Müller-Thurgau	igen
$1600 \leq HI \leq 1700$	Pinot Noir, Pinot blanc	igen
$1700 \leq HI \leq 1800$	Chardonnay, Sauvignon blanc	igen
$1800 \leq HI \leq 1900$	Cabernet franc, Leányka	igen
$1900 \leq HI \leq 2000$	Zweigelt, Pinot gris (Szürkebarát), Merlot	igen
$2000 \leq HI \leq 2100$	Merlot, Zinfandel, (Syrah)	nem
$2100 \leq HI \leq 2200$	Carignan, Grenache	nem
$2200 \leq HI$	Trebbiano, Aramon, Nebbiolo	nem

Érték, °C	Szőlőfajta	Megfelelés
$HI \leq 1500$	termesztésre alkalmatlan	igen
$1500 \leq HI \leq 1600$	Müller-Thurgau	igen
$1600 \leq HI \leq 1700$	Pinot Noir, Pinot blanc	igen
$1700 \leq HI \leq 1800$	Chardonnay, Sauvignon blanc	igen
$1800 \leq HI \leq 1900$	Cabernet franc, Leányka	igen
$1900 \leq HI \leq 2000$	Zweigelt, Pinot gris (Szürkebarát), Merlot	igen
$2000 \leq HI \leq 2100$	Merlot, Zinfandel, (Syrah)	nem
$2100 \leq HI \leq 2200$	Carignan, Grenache	nem
$2200 \leq HI$	Trebbiano, Aramon, Nebbiolo	nem

adatok szignifikánsan emelkedő tendenciát mutatnak ($p < 0,01$). Magyarország a szőlő termesztésének északi határán fekszik, mert a szőlőfajták többsége csak -15 °C -ig fagyűrő. E körülmény miatt nálunk a szőlő csak bizonyos művelésmódokon, megfelelő termőhelyeken volt termesztendő eredményesen (Kriszten, 1999). A Huglin-index alapján a Kékfrankos, a Müller-Thurgau, a Pinot noir, a Pinot blanc, a Chardonnay, és a Cabernet franc termesztendő sikeresen a borvidék területén (1. táblázat). Amennyiben a hőmérséklet emelkedése a tenyészidőszak folyamán a jövőben tovább folytatódik, akkor Kőszeg-hegyalján és Vas-hegyen érdemes lehet a magasabb hőtöbbletet igénylő fajtákat és azok klónjait telepíteni.

2. táblázat A szőlőtermesztésben alkalmazott – eddig még nem említett – indikátorok változása

Indikátor megnevezése	1956–1985	1986–2015
Januári átlaghőmérséklet MJT= $T_{\text{átlag}}$ (Január 1–31.) (°C)	-0,9	0,3
Júliusi átlaghőmérséklet MJuT= $T_{\text{átlag}}$ (Július 1–31.) (°C)	18,1	20,5 *
Virágzás ideje alatti átlaghőmérséklet BMT= $T_{\text{átlag}}$ (május 15–június 15.) (°C)	15,9	17,2 *
Tenyészidő alatti átlaghőmérséklet GSAT= $T_{\text{átlag}}$ (április 1–október31.) (°C)	16,1	17,7 *
Tenyészidőszak alatti maximum hőmérséklet átlaga GSATX= T_{max} (április 1–október31.) (°C)	21,6	24,6 *
Tenyészidőszak alatti minimum hőmérséklet átlaga GSATN= T_{min} (április 1–október31.) (°C)	7,9	8,1
Szüreti maximum hőmérséklet HMX= T_{max} (június 1–szeptember 30.) (°C)	23,2	25,8 *
Jeges napok száma NID= $T_{\text{min}} < -10\text{ °C}$ (nap)	52	34
Szőlő fagyindex F8D= $T_{\text{min}} < -8\text{ °C}$ (nap)	64	39 *
Érés ideje alatti csapadék (mm)	192	138*
Tenyészidőszak alatti csapadék (mm)	601	480*
Winkler-index (04.01.–10.31.) (°C)	1240	1300
Gladstones fagyindex	12,2	12,9
Tavaszi fagyindex $T_{\text{min}4i5}$ (°C)	2,4	3,1
$T_{\text{min}+5}$ 4i5 (°C) (becsült)	2,1	2,2
$T_{\text{min}+50}$ 4i5 (°C) (becsült)	2,7	3,1

Fotoszintetikusan aktív sugárzás. Mezőgazdasági és ökológiai szempontból nagy jelentőségű a fotoszintetikusan aktív sugárzás. A Napból érkező sugárzásból a növények csupán a 380–720 nm közötti hullámhosszú tartományt hasznosítják, ez szükséges a szerves anyag előállításához (Major, 2011). Ennek a növényi élet biztonsága miatt van jelentősége. Borult időben, napfelkeltekor és naplementekor a szórt sugárzás, a narancs-vörös tarto-

mányban lévő fényhullámhossz a domináns. Derült időben a direkt sugárzás a meghatározóbb, ekkor a sugárzás hullámhossza az ibolya-kék tartományban található. Ennek értéke a borvidéken $1850\text{--}1880\text{ MJm}^{-2}$, mely a többi magyarországi borvidék átlagánál alacsonyabb.

Egyéb indikátorok. A szőlőtermesztésben a termőhelyek jellemzésére és a szőlő igényeinek kifejezésére többféle klimatikus indikátort, illetve ezek kombinációját alkalmazzák (Hajdu és Borbásné, 2009). Ezeket az évtizedes adatsorokkal rendelkező vizsgálatoknál egyrészt az éghajlat változásának meghatározásához, bizonyításához, másrészt az egyes terroárok jellemzésére is használják (Hlaszny, 2012).

Az indikátoranalízis során az egyes időjárási paraméterek függvényeként olyan mesterséges időjárási paramétereket definiálunk, melyek közvetlenül kapcsolhatók a növényi válaszadás karakteréhez (Carter et al., 2007).

A klimatikus indikátorok analízise ezen felül a klímaváltozás hatásvizsgálatának módszertanában is jelentős szerepet tölt be (Kovács et al., 2017). Ha ugyanis megfelelő, a klímaváltozás által leginkább érintett specifikus indikátorokból álló halmazt állítunk elő, akkor ezek további megfigyelésével az éghajlatváltozásnak az adott területen fellépő tünetei nyomon követhetőek (Hlaszny, 2012). Az egyes indikátorok változásából kapott információkból következtethetünk a jövőbeni termesztési feltételekre (Hajdu és Botos, 2006). A 2. táblázatban figyelhető meg egyes hőmérsékleti, csapadék és a hőmérsékletből származtatott szélsőséges indikátor változása. A táblázatban az indikátorok átlagát írtuk le.

Az általános hőmérsékleti indikátorok közül a hideg éjszaka indexen kívül mindegyik szignifikáns változást mutat ($p < 0,001$). E változások megmutatkoznak a vizsgált fenofázisok alakulásában is, mivel a borszőlő a megfigyelt borvidékeken rendkívül érzékenyen reagált a változásokra, pl. gyorsabb lett az érés ideje, korábban történnek a szüretes és magasabb a must cukorfoka, mint korábban (Kovács et al., 2017). Az egyes indikátorok eloszlása a vizsgált régióban igen különbözőképpen változott a változatos terepviszonyok és klimatikus adottságok miatt. Összességében jelentős növekedést mutat az extrém meleg, a meleg és a nyári napok száma, míg a fagyos napok száma, a jeges napok száma és a szőlő fagyindex száma csökkent. A vegetációs időszak szélsőségei közül nem mutat szignifikáns változást a tavaszi (NSFD) és őszi fagyos (NFFD) napok száma. Bár kisebb változást megfigyelhetünk, azonban a 0 °C alatti hajnali hőmérséklet tavasszal és ősszel így is okoznak évenként kisebb károsodást a zöld részeken. A késő tavaszi fagy a mi éghajlati területünkön a rügyfakadás idején jelentkezik, ezért főleg a Kőszeghegyaljai alacsonyabb, 150 m alatti lankás területei ültetvényeiben okozhat károkat, bár a károkozás egyik évben sem haladta meg 1990 óta a 15%-ot. Az őszi fagykárak szeptember végén és októberben lépnek fel. A korai fagykárak akkor okozhatnak jelentős károsodást, amennyiben a hőmérséklet -2 °C alá süllyed és még nem történt meg a szüret (Bognár és Mercz, 1995). Azonban a kora őszi fagyok felgyorsíthatják a lombhullást is. A nyugalmi és a kényszernyugalmi időszak esetén a téli fagy kártételére kell fókuszálni,

melynek jelentős csökkenése pozitív változást mutat a vizsgált borvidéken. A megfelelő hidegmennyiség elmaradása viszont a kártevőknek (rovarok, gombák, baktériumok, vírusok) rendkívül kedvező, 2000 és 2015 között 11 tél volt enyhébb, mint ami szükséges lenne az előbb említett kártevők természetes szelektálódásához.

Összegzés. Kőszeghegyalja és Vas-hegy éghajlati kondíciói a szőlőtermesztés szempontjából jelentősen megváltoztak, mely változás feltételezhetőleg a 21. század közepéig folytatódni fog. A legfontosabbak közé sorolható, hogy a tenyészidőszaki középhőmérséklet szignifikánsan emelkedett. Különösen a tenyészidőszak második felében jelentős. A csapadék mennyisége csökkent, de nőtt a konvekciójáram, ezáltal az extrém szélsőségek száma is. A termőhely hőmérséklet- és sugárzásellátottsága javult. A szélsőséges indexek és a bioklimatikus indikátorok nagy részének változása hasznos a termőhely kondícióit nézve. Ugyanakkor a nagycsapadékú napok és a fagyindexek változását viszont em sorolhatjuk a pozitív változások közé.

Köszönetnyilvánítás. Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült

Irodalom

- Bartholy, J., Bozó L. és Haszpra L., 2011: Klímaváltozás-2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. *MTA-ELTE Meteorológiai Tanszék*, Budapest
- Bognár K. és Mercz A., 1995: Szőlőművelés, borkészítés. Mezőgazda Kiadó
- Bussay A., Szinell Cs. és Szentimrey T., 1999: Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. *Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 7*, Országos Meteorológiai Szolgálat
- Carter, T. R., Parry, M. L. and Porter, J. H., 2007: Climatic change and future agroclimatic potential in Europe. *International Journal of Climatology* 11 (3), 251–269.
- Christiansen, D.E., Markstrom, S., Hay, L.E., 2011: Impacts of Climate Change on the Growing Season in the United States. *Earth Interact.* 15, 1–17.
- Clarke, O. and Rand, M., 2001: *Encyclopedia of grapes*. Harcourt
- Cook, B.I. and Wolkowich, E. M., 2016: Climate change decouples drought from early wine grape harvests in France. *Nature Climate Change* 6, 715–719.
- Currle, O., Bauer, O., Hofäcker, W., Schumann, F. and Frisch, W., 1983: *Biologie der Rebe*. Meiningen Verlag, Neustadt
- Dövényi Z., 2010: Magyarország kistájainak katasztere. 2. javított kiadás. Budapest, MTA
- Durack, P.J., Gleckler, P., Landerer, F.W. and Taylor, K.E., 2014: Quantifying underestimates of long-term upper-ocean warming. *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate2389
- Fraga, H., Malheiro, A., Moutinho-Pereira, J. and Santos, J.A., 2013: Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. *International Journal of Biometeorology* 57 (6), 909–925.
- Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J. and Santos, J.A., 2014: Climate factors driving wine production in the Portuguese Minho region. *Agricultural and Forest Meteorology* 185, 26–36.
- Frankel, C., 2014: *Land and Wine: The French Terroir*. University of Chicago Press
- Gladstones, J., 1992: *Wine, Terroir and Climate Change*. Wakefield Press. Kent Town, South Australia
- Hajdu E. és Borbásné, S. É., 2009: Abiotikus stresszhatások a szőlő életterében. Agroiinform Kiadó
- Hajdu, E. és Botos, E.P., 2006: A klímaváltozás hazai hatásai és az azokra adható válaszok a szőlészetben, valamint a borszárazban. *Klimaváltozás és a magyarországi kertgazdaság. AGRO-21 Kutatási Programiroda*, Budapest, 102–134.
- Hlászny, E., 2012: Egyes szőlőfajták (*Vitis vinifera* L.) fenológiai válaszáda a Kunsági borvidéken várható klimatikus változásokra. *Doktori (PhD) értekezés*, Budapest, 166.
- Hoppmann, D., 2010: *Terroir, Wetter-Klima-Boden*. Verlag Ulmer KG
- Hönig, P. und Schwappach, P., 2003: *Klimaänderung: Wie reagiert die Rebe*. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim, 1–8.
- Huglin, P., 1986: *Biologieetécologie de la vigne*. Ed. Payot, Lausanne-Paris
- Justyák, J., 1998: *Magyarország éghajlata*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen
- Károssy Cs., 2004: *Légekörtan I. Általános meteorológia*. Oskar Kiadó, Szombathely
- Keddy, P.A., 2007: *Plants and Vegetation: Origins, Processes, Consequences*. Cambridge University Press, Cambridge
- Kirsch A., 2007: Soproni Cuvee: Mozaikok a Soproni borvidék történetéből. *Rubicon*, (6): 64–70.
- Kovács, E., Puskás, J. and Pozsgai, A., 2017: Positive Effects of Climate Change on the Field of Sopron Wine-Growing Region in Hungary. *Springer Atmospheric Sciences*, 607–613.
- Kriszten, Gy., 1999: *Tavasztól-tavaszig a szőlőben*. Mezőgazda Kiadó
- Maaß, U. und Schwab, A., 2011: Wärmeanspruch von Rebsorten. *Klimawandel und Sortenwahl* (10), 29–31.
- Major, Gy., 2011: A fotoszintetikus aktív sugárzás hazai vizsgálata. *Légekör* 56 (1), 10–15.
- Mozell, M.R. and Thach, L. 2014: The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions. *Wine Economics and Issues* 3 (2), 81–89.
- Parry, M.L., Rosenzweig, G., Iglesias, A., Livermore, A. and Fischer, G. 2014: Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14, 53–67.
- Péczy, Gy., 2002: *Éghajlattan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Puskás, J. és Károssy, Cs., 2013: A bor minőség és az időjárás közötti összefüggések néhány jellemzője a Kőszeghegyaljai borok és Szombathely 100 évi napi meteorológiai adatai alapján. 4. *Szőlő és Klíma Konferencia*, Kőszeg, CD-ROM: 142–153.
- Sándor, V. és Wantuch, F. 2005: *Repülésmeteorológia*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest
- Tonietto, J. and Carbonneau, A., 2004: A multicriteria climatic classification system for grape growing regions worldwide. *Agricultural and Meteorology* 124, 81–97.

AZ *Aedes albopictus* SKUSE (DIPTERA: CULICIDAE) KÁRPÁT-MEDENCEI TERJEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ KLIMATIKUS TÉNYEZŐK ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A FAJ JÖVŐBELI ELTERJEDÉSÉRE A TÉRSÉGBEN

CLIMATE FACTORS AFFECTING THE SPREAD OF *Aedes albopictus* SKUSE (DIPTERA: CULICIDAE) IN CARPATHIAN-BASIN AND THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE SPREAD OF SPECIES IN THE FUTURE IN THE REGION

Trájer Attila János

Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, Veszprém, Egyetem utca 10., 8200., attilatrajer@gmail.com

Összefoglalás. Az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*) állat- és közegészségügyi szempontból az egyik, ha nem a legfontosabb invazív szúnyogfajnak számít Európában és a világon. Kárpát-medencei megtelepedése kezdetének vagyunk jelenleg szemtanúi. Vizsgálatunk céljaul tűztük ki, hogy tisztázzuk, milyen klimatikus tényezők magyarázzák a szúnyogfaj előfordulását Horvátország és Szlovénia bizonyos területein és állandó jelenlétének hiányát a Kárpát-medence déli területein 2015 előtt. A kérdés tisztázására 2014-ben gyűjtőutat szerveztünk, érintve a magyar-horvát-szlovén hármashatár és Dél-Magyarország nagyobb folyóinak ártereit, beleértve a zágrábi Száva-árteret is. Elemeztük a dél-magyarországi és az északnyugat-balkáni elterjedés klimatikus okait. A faj jövőbeli és jelenlegi lehetséges elterjedésének becslésére klímaborító-modellezést végeztünk. Elemzésünk alapján az alacsony januári átlag- és minimumhőmérsékletek, valamint a kontinentális telekre jellemző alacsony csapadékmennyiség együttesen limitálta a faj elterjedését az észak-balkáni és a délpannoniai területeken. A nyári csapadék még a viszonylag forró és száraz nyarakkal jellemezhető tengerparti mediterrán klíma esetén sem jelent korlátozó tényezőt az Adria északi medencéjében. A lehetséges generációk maximális száma évenként jelenleg öt lenne a hőmérséklet-függő egyedfejlődési modell alapján Magyarországon. A klímaborító modellezés eredményei szerint a faj expanziója várható a Kárpát-medencében a klímaváltozás hatására enyhébbé váló telek következtében.

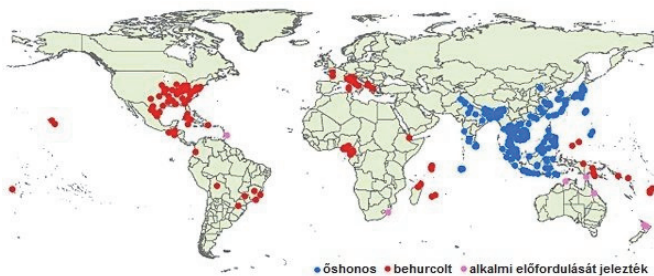
Abstract. The Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) is one of the most important invasive mosquito species in Europe and the most important vector of several human and veterinary diseases. We are witnessing the spread of the mosquito in the Carpathian Basin. Our aim was to clarify the climatic factors that explain the occurrence of the mosquito in Croatia and Slovenia and the lack of its permanent presence in the southern regions of the South Carpathian Basin before 2015. To solve this problem, we organized a collecting route in 2014, touching the Hungarian-Croatian-Slovenian triple border and larger rivers in South Hungary, including the Sava floodplain in Zagreb. We analysed the climatic causes of the spread pattern of the mosquito in South Hungary and the North-West Balkan region. The prediction of the future and the estimation of the current potential occurrence of the Asian tiger mosquito were performed. According to the climatic analysis, the low mean and minimum temperatures and the low January precipitation sums under continental climatic conditions limit together the spread of the species in the Northern Balkan and Southern Pannonia. The summer precipitation is not a limiting factor in the Northern Adriatic basin, even in the hot and dry summer climatic conditions of the Mediterranean coastal areas. The temperature-based development model predicts that the maximum number of possible imago generations per year would be about five in Hungary. According to the results of the climate envelope modelling, the extension of the species is expected in the Carpathian Basin due to climate change.

Irodalmi áttekintés. Az ázsiai tigrisszúnyog elterjedése.

Az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*; Skuse, 1894) a gyötrő szúnyog-félék humán egészségügyi szempontból egyik legfontosabb faja. Ázsia keleti, délkeleti területeiről származik, ahol eredetileg elsősorban trópusi, szubtrópusi területeken volt őshonos. Természetes elterjedési területe észak-déli irányban Honsútól és Dél-Koreától Timorig, kelet-nyugati irányban a Fülöp-szigetektől Afganisztánig terjedt. Ma már megtalálhatók populációi Európa számos országában, az Amerikai Egyesült Államok keleti felén, Közép-Amerikában elszórtan, Brazíliában, Madagaszkáron, Afrikában a Guineai-öböl egyes országaiban és Pápua-Új Guineában is. Az újonnan meghódított területek klímája, ahogyan az eredeti elterjedési terület esetében is látható, igen változatos. A faj Kelet-Ázsiában és a Hinduszáni-alföldön nedves kontinentális (Dfa, Dwa) és nedves szubtrópusi (Cfa-Cwa) klímán, Délkelet-Ázsiában és a Hinduszáni félsziget déli területein trópusi szavanna (As, Aw), trópusi monszun (Am) és trópusi esőerdő (Af) klímán tenyészik. Európában és Észak-Amerikában elsősorban a nedves kontinentális (Dfa) és a nedves szubtrópusi (Cfa)

klímán fordul elő, de megtalálhatók egyedei a forró nyarú mediterrán (Csa), és óceáni (Cfb) klímájú zónákban is. Mind az Egyesült Államokban, mind Európában a faj északi elterjedési határa a kontinentális területeken nagyjából a nedves kontinentális hemiboreális Dfb és a melegebb nyarú Dfa klímazónák határán húzódik. Jelenleg Európában állandósult populációi élnek Spanyolországban, Franciaországban, Olaszországban, Szlovéniában, Horvátországban, Bosznia-Hercegovinában, Montenegróban, Bulgáriában, Görögországban, Törökország európai területén, Délnyugat-Oroszországban és Grúziában. Alkalmi előfordulásait észlelték több kontinentális klímájú országban is (Benedict et al., 2007; Bocková et al., 2013; Kalan et al., 2011; Klobučar et al., 2006; Merdić, 2011; Petrić et al., 2001, 2006; Šebesta et al., 2012; Scholte and Schaffner, 2007). Az elmúlt két-három évtizedben mind az ázsiai tigrisszúnyog, mind az általa terjesztett kórokozók gyors terjedésének lehetett szemtanúja az emberiség (Knudsen et al., 1996; Mitchell, 1995; Urbanelli et al., 2000). Az 1. ábra az ázsiai tigrisszúnyog eredeti és behurcolás útján keletkezett előfordulása-it mutatja.

Járványügyi jelentősége. Az ázsiai tigrisszúnyog potenciális terjesztője a Chikungunya-, a Dengue-, a Zika-láznak, a sárgaláznak, a Saint Louis encephalitisnek (agyvelőgyulladásnak), a nyugat-nílusi láznak, valamint a *Dirofilaria* fajok okozta fertőzéseknek (Bonialuri et al., 2008; Cancrini et al., 2003; Hochedez et al., 2006; Grard et al., 2007; Gratz 2004; Ibáñez-Bernal et al., 1997; Knudsen et al., 1996; Moore and Mitchell, 1997; Sardelis et al., 2002; Wong et al., 2013). A Chikungunya-láz nevének megfelelően magas lázzal, fejfájással, hányingerrel, ízületi és izomfájdalmakkal, általánosságban influenza-szerű tünetekkel jár. A Dengue-láznak létezik egy klasszikus kiütéses és vérzéses formája. Általános tünetei a Chikungunya-lázéhoz hasonlítanak, azonban az izom- és ízületi fájdalmak sokkal súlyo-



1. ábra: Az ázsiai tigrisszúnyog elterjedése és őshonosságát illető státusza a világon (a Landcare Research nyomán)



2. ábra: A: az ázsiai tigrisszúnyog hímje (lásd: tollas csápok) laterális és B: dorzolaterális irányból a fajra jellemző fehér sávval (2014, Zábráb; gyűjtötte: Trájer Attila, Tanczos Balázs és Hammer Tamás; fotó: Trájer Attila és Vass Máté).

sabbak, a kiütések a kanyaró test szerte elszórt, apró kiütéseire emlékeztetnek. A nyirokcsomók megnagyobbodása kíséri az akut szakaszt. A vérzéses forma a bőr és a gyomor-bél rendszer érintettségét jelenti, és ha nem kezelik, az esetek kb. 10%-ában halálhoz vezet. A Zika-láz tünetei szintén a Chikungunya-lázhoz hasonlítanak, azonban, mint az a braziliai járvány során nemrég nyilvánvalóvá vált, a fejlődő magzatok elhalását, megszületés esetén a csecsemők súlyos kisfejségét és mentális retardációját okozhatja. Ijesztő tény, hogy a megfertőződött, meleg-égyövi országokból hazatérő férfiak spermájában akár hónapokig megfigyelhető a fertőzőképes vírus (Mansuy et al., 2016). A 2015-ös braziliai Zika-láznak nem volt ugyan elsődleges terjesztője, de az ázsiai tigrisszúnyog terjesztő szerepe egyértelműen beigazolódott (Grard et al., 2014, 2013). A sárgaláz tipikus trópusi betegség, ami influenza-szerű tünetekkel, lázzal, súlyos májgyulladással, valamint vérzésekkel jár(hat). Az esetek

15%-ában alakul ki az ún. toxikus forma, ami az emésztőrendszer érintettségének következménye, és 20–50%-ban halálos kimenetellel jár. Az ázsiai tigrisszúnyog számos fonálférget (nematodát) terjeszthet, ezek közül a ragadozókra veszélyes *Dirofilaria immitis* érdemel említést. A *D. immitis* a kutyák szívférgességének okozója, ami a Dél-Alföldön komoly állategészségügyi problémát jelent, és városi eloszlása a kutyák és a szúnyog-élőhely vizek együttes előfordulásának függvénye (Trájer et al., 2015). A kifejlődött betegség esetén 15–30 cm-es fonálférgék találhatóak a tüdő artériákban és a jobb szívfélben. A betegség potenciálisan halálos kimenetelű. Emberben ritkán okoz fertőzést, szívférgességet eddig nem figyeltek meg, de a tüdőben megjelenő, betokozódott lárvák tüdő áttét képét mímelve megtéveszthetik az orvosokat, felesleges műtéteket indikálva. Magyarországon egyelőre a tigrisszúnyog nem játszik szerepet terjesztésében.

Élőhely és megjelenés. Ismert, hogy az ázsiai tigrisszúnyog azokon a területeken képes önfenntartó populációt létrehozni, ahol az évi átlaghőmérséklet eléri a 11 °C-ot, valamint a téli átlaghőmérséklet legfeljebb a fagyponthoz süllyed és a téli nyugalmi periódus nem haladja meg a 6 hónapot. Az évi csapadékösszegnek el kell érnie az 500 mm értéket (Medlock et al., 2006; Mitchell, 1995), de úgy tűnik, hogy az USA déli és belső területein akár még ennél alacsonyabb évi csapadékmennyiség mellett is fennmaradhatnak állományai. Az ázsiai tigrisszúnyog egyedfejlődése érzékeny a környezeti viszonyok alakulására. Lárvai elsősorban az ember által gyakran nem szándékoltnan létrehozott kisvizekben fejlődnek. Ilyen kisvizetek alakulnak ki az eldobott gumibroncsokban, műanyag cserepekben, vödörökben. Nevezetes a faj arról, hogy a peték és az abból kikelő lárvák óceánokat átszelve utaztak vízkultúrás dísznövény-szállítmányokban teherhajókon, szárazföldi elterjedésében pedig a használt gumibroncsok játszottak, játszanak ma is nagy szerepet. Az ázsiai tigrisszúnyog, hasonlóan a Magyarországon őshonos díszes szúnyoghoz (*Ochlerotatus (Finlaya) geniculatus*; Olivier, 1791) fekete-fehér csíkos színezetével feltűnő jelenség. Mindenképpen meg kell itt említeni, hogy az Európában és hazánkban szintén invazív szúnyogfajoknak számító *Aedes koreicus* (Edwards, 1917) és *Aedes japonicus* (Theobald, 1901) hasonló megjelenésűek. Az *Aedes albopictus* faji jellegzetessége a fej és a tor dorzális részén szaggitális irányban végighúzóódó páratlan fehér sáv (2. ábra).

A tanulmány háttere és célkitűzése. Számos közlemény foglalkozik az ázsiai tigrisszúnyog jelenlegi vagy várható jövőbeli terjedésével (Fischer et al., 2014; Caminade et al., 2012; Fischer et al., 2011; Roiz et al., 2011). A faj eredeti ázsiai elterjedési területének klímája (klímái) alapján nem lehet egyértelműen meghatározni a faj tartós megtelepedésének esélyeit Európában vagy Észak-Amerikában. Ennek egyik oka az, hogy igen széles klimatikus skálán fordul elő a faj Kelet- és Délkelet Ázsiában is. Vannak tipikus trópusi, rövidnappalos, áttelelést „nem ismerő” ökovariánsai és léteznek olyanok is, amelyek a hidegebb, északibb területeken pete formájában telelnek át, és a nappalok rövidülésével aktivitásuk csök-

ken. Ezen felül, Olaszországban megfigyelték, hogy az évek során a hűvösebb klímához alkalmazkodó szubtrópusi eredetű vonalak egyre inkább áttértek az imágó formában történő áttelelés helyett az áttelelő pete formájában történő átvészelésére a leghidegebb évszaknak, valamint minden egyedfejlődési fázis hidegtűrése javuló tendenciát mutat (Romí et al., 2006; Luciano et al., 2003). Mindezek ismeretében igen óvatosan kell fogadni azokat az eredményeket, amik nem a helyi vagy a közeli populációk klímaigényének vizsgálata során keletkeztek. Az említett okoknál fogva végeztük el szerzőtársaimmal – Tánczos Balázssal, Hammer Tamással, Bede-Fazekas Ákossal, Keeler Asheesh Ranviggal, Schoffhauzer Judittal és Padisák Judit professzor asszonnyal – az észak-balkáni tigrisszúnyog populációk klimatikus igényeinek elemzését. Elemzésünk során felhasználtuk szlovén és horvát szerzők gyűjtési eredményeit, valamint a 2014-es saját mintavételi utunk során szerzett eredményeket is. A gyűjtési pontokat a 3. ábra szemlélteti.

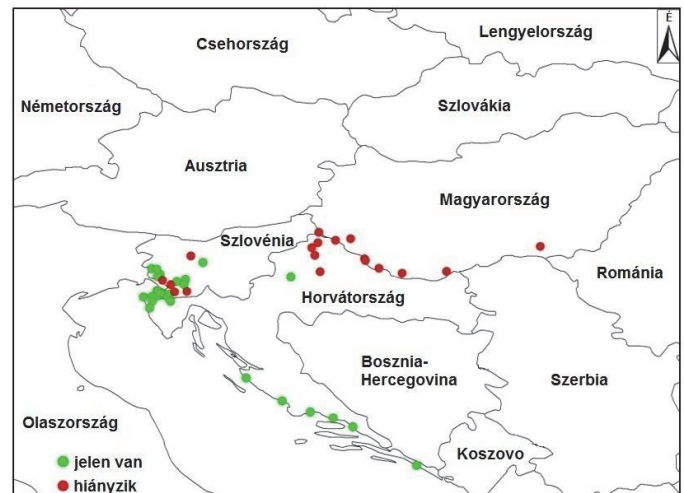
Anyag és módszer. Ez a tanulmány a szerző *Applied Ecology and Environmental Research* tudományos folyóiratban megjelent cikke alapján készült (Trájer et al., 2017b). További részletekkel kapcsolatban ajánlható a citált közlemény olvasása.

Az ázsiai tigrisszúnyog előfordulási adatai. A vizsgálatba vont előfordulások részben saját gyűjtéseinkből, részben más szerzők adatain alapultak. Összesen 49 saját gyűjtési helyet vontunk a vizsgálatba: 8 képviselte Dél-Magyarországot, 22 Szlovéniát és 19 Horvátországot. A begyűjtött lárvákat és bábokat a számukra kedvezőnek mondható körülmények között hazaszállítottuk, inkubáltuk és a begyűjtött imágókat a határozóbélyegelemek szempontjából kíméletes, shock-fagyasztásos módszerrel öltük le. A begyűjtött nagyszámú (2000 egyed feletti) imágó-anyagban az ázsiai tigrisszúnyogra jellemző anatómiai-morfológiai bélyegeket kerestünk. Kiegészítésként, az éjszakai szálláshelyeinken fénycsapdával is végeztünk gyűjtést. A további pozitív vagy negatív gyűjtési eredménnyel zárult helyeket Szlovénia esetén Kalan et al. (2011), valamint Merdić et al. (2011) közleményeiből nyertük. Mind a külföldi szerzők, mind saját adataink tartalmaztak sikeres és sikertelen gyűjtőhelyi adatokat is. Az előfordulásokhoz tartozó klímaadatok az E-OBS klímaadatbázis szerint 0,25°-os felbontásban kerültek megadásra. A klímaborító-modellezés számára az ázsiai tigrisszúnyog előfordulási adatokat VBORNET adatbázisból kaptuk NUTS3 (régio) szintű felbontásban (VBORNET, 2015).

Az adatok előkészítése. Az ázsiai tigrisszúnyog elterjedési VBORNET adatbázisból származó térképét, digitalizáltuk, ami a pixel- grafikus állományok vektorgrafikussá alakítását jelentette. Ehhez a térképek georeferálására volt szükség harmadrendű polinomiális transzformációval. Mivel az ázsiai tigrisszúnyog előfordulása az Európai Unió harmadik szintű közigazgatási egységei, a NUTS3-régiók szerint álltak rendelkezésünkre, ezért saját térképünk létrehozásához vektorgrafikus közigazgatási határokat (GISCO, 2012) használtunk fel. Végül jelenlét/hiány (presence/absence, 1/0 bináris) térképeket hoztunk létre.

Az éghajlati modellek. Két éghajlati modellt használtunk az eltérő célok érdekében. Az éghajlati adatokat a klímaborító modellezés számára a REMO regionális klímamodell szolgáltatotta, mely az ECHAM5 globális modell és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálóval fedi. Az A1B scenárió gyors gazdasági növekedéssel és a Föld népességének századközepe tetőzésével számol, továbbá innovatív és hatékony technológiák megjelenését várja. A gyűjtési területek éghajlatának jellemzéséhez a *Climate Explorer of the European Climate Assessment & Dataset* adatbázis 0,25°-os térbeli felbontású klímaadatait használtuk fel, amit a Koninklijk Nederland Meteorologisch Instituut honlap Climate Explorer keresőeszközének használatával átlagoltunk és töltöttünk le (KNMI, 2014). Az átlagos és minimum januári hőmérséklet, az őszi-téli csapadékátlag és a nyári csapadékátlag-értékek átlagolása történt meg az 1950–2014-es időszakokra.

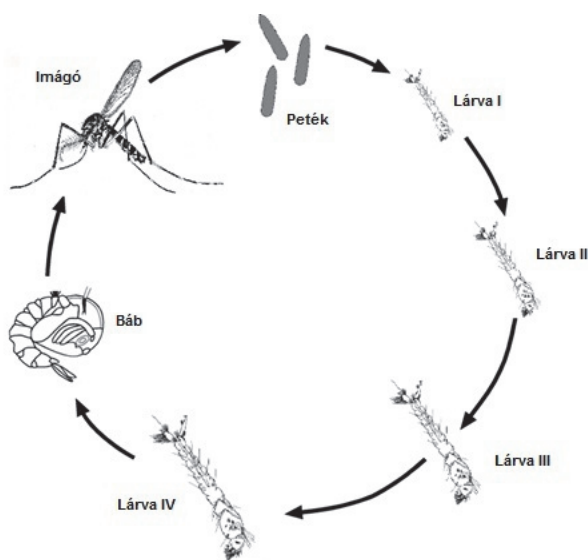
Az éghajlati modellek felhasználása. A REMO modell területi kiterjedéséből (32300 pont) kutatásunkba 25724 pontot vontunk be, ami Európa nagy részét lefedi. A következő



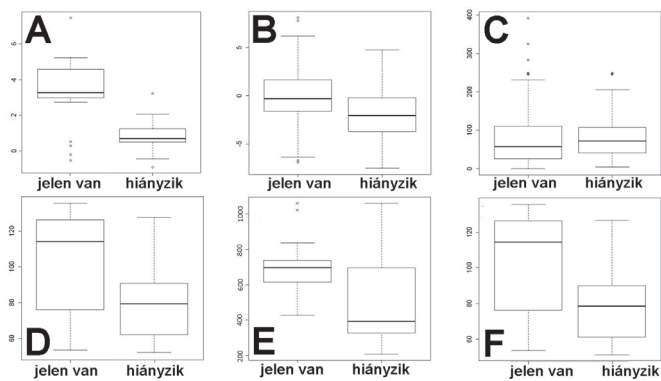
3. ábra: Az ázsiai tigrisszúnyog pozitív/negatív gyűjtési pontjai

36 klímamodellparamétert használtuk a modellezés során: a 12 havi középhőmérsékletek (T_{mean} , °C), minimumhőmérsékletek (T_{min} , °C) és havi csapadékösszegek (P , mm). Ezek mindegyike a harmincévi időszakokra (1961–1990, 2011–2040 és 2041–2070) lett átlagolva. Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezi. Sőt, az éghajlati jellegzetességek miatt az edafikus tényezők, az eltérő fizikai és kémiai mállás is a modell indirekt, de nehezen differenciálható részét képezik. A szakirodalomban egyelőre nincs megegyezés azzal kapcsolatban, hogy a vegetáció nélkül a klíma önmagában elegendő-e az izeltlábú vektorok potenciális elterjedésének modellezésére (Dormann, 2007; Solano-Gallego, 2011; Colacicco et al., 2010; Ibáñez et al., 2006). Azonban nem szabad elfelejteni, hogy a klíma önmagában meghatározza a potenciális vegetációt is. Fontos továbbá, hogy a szélsőségek feltehetően a klimatikus átlagoknál nagyobb jelentőséggel bírnak a vektor fajok elterjedésének limitálásában, sajnos azonban olyan adatok, mint pl. a téli extrém hidegek előfordulása, nem álltak rendelkezésünkre a jövőbeli periódusokból.

Az évenkénti generációk számítása. Az évenként maximális generációs szám többgenerációs szúnyogok esetében a szúnyogok hőmérsékletfüggő egyedfejlődési idejének számításával modellezhető. Az elv alapja, hogy ismerni kell az egyedfejlődési minimum és maximum hőmérsékleti értékeket, valamint az egyes egyedfejlődési szakaszok hőmérsékletfüggő idejét. Az első komponens a peteérés ideje, ami a pete lerakásától az első stádiumú lárva kikeléséig tartó időszakot jelenti. A második komponens a lárvák egymást követő stádiumainak hőmérsékletfüggő egyedfejlődési ideje. A harmadik komponens az



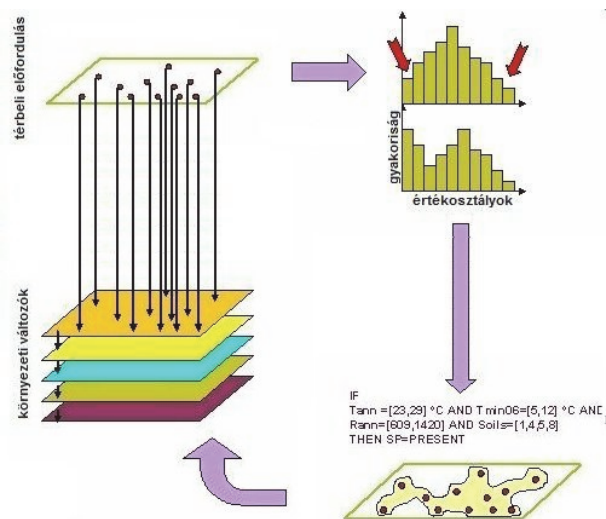
4. ábra: Az ázsiai tigrisszúnyog egyedfejlődésének sémája



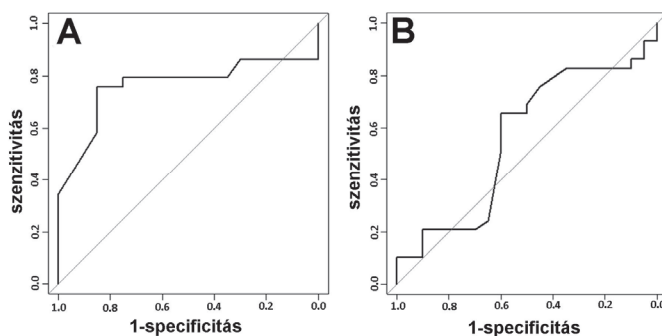
6. ábra: A: januári átlaghőmérséklet; B: januári átlagos minimum hőmérséklet; C: júliusi csapadékösszeg; D: a júliusi csapadékmennyiség értékeinek eltérése az átlagtól, ahol a januári átlagos minimum hőmérséklet az átlag alatt volt; E: januári minimum hőmérsékletek átlaga; F: a januári átlagos minimum hőmérséklet eltérése az átlagtól, ahol a júliusi csapadékmennyiség az átlag alatt volt

utolsó (IV.) stádiumú lárva bebábozódása és az imágónak a bábból való kibújása között eltelt idő, ami szintén hőmérséklet-függő. Áttekintve az ázsiai tigrisszúnyog egyedfejlődését, a következő komponensekkel kell számolnunk: a pete-lárva, az I-II., a II-III., a III-IV. lárva alakok, valamint a IV. lárvaalak-bebábozódás-imágó kibújás között eltelt egyedfejlődési idők, melyek mindegyike hőmérséklet által meghatározott. Fontos, megemlíteni, hogy a generációk száma az első megközelítően 10 °C-os naptól indul, és a teljes egyedfejlődés befejezéséig tart (Delatte et al., 2009). Az egyes napokra egyedfejlődési részösszeg számítható, ami a korábbi értékhez hozzáadandó. A 4. ábra

szemlélteti vázlatosan az ázsiai tigrisszúnyog egyedfejlődésének menetét. Említést érdemel, hogy az összetettebb egyedfejlődési modellek még tekintetbe vesznek néhány további, a bábból való kibújás és a peterakás között eltelt élettani időfaktort is. Ezek bevonására akkor van szükség pl., ha terjedési modelleket készítünk vagy terjedési sebességet számolunk generációként, eltérő klimatikus feltételek mellett (az ázsiai tigrisszúnyog esetében lásd: Trájer et al., 2017a). Az ázsiai tigrisszúnyog egyedfejlődési szakaszainak hőmérsékletfüggő minimális idejét Calado and Silva (2002) kísérletes eredményei alapján számoltuk ki.



5. ábra: A CEM módszerének elvi, logikai vázlata http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/Climate_change/page_198.htm



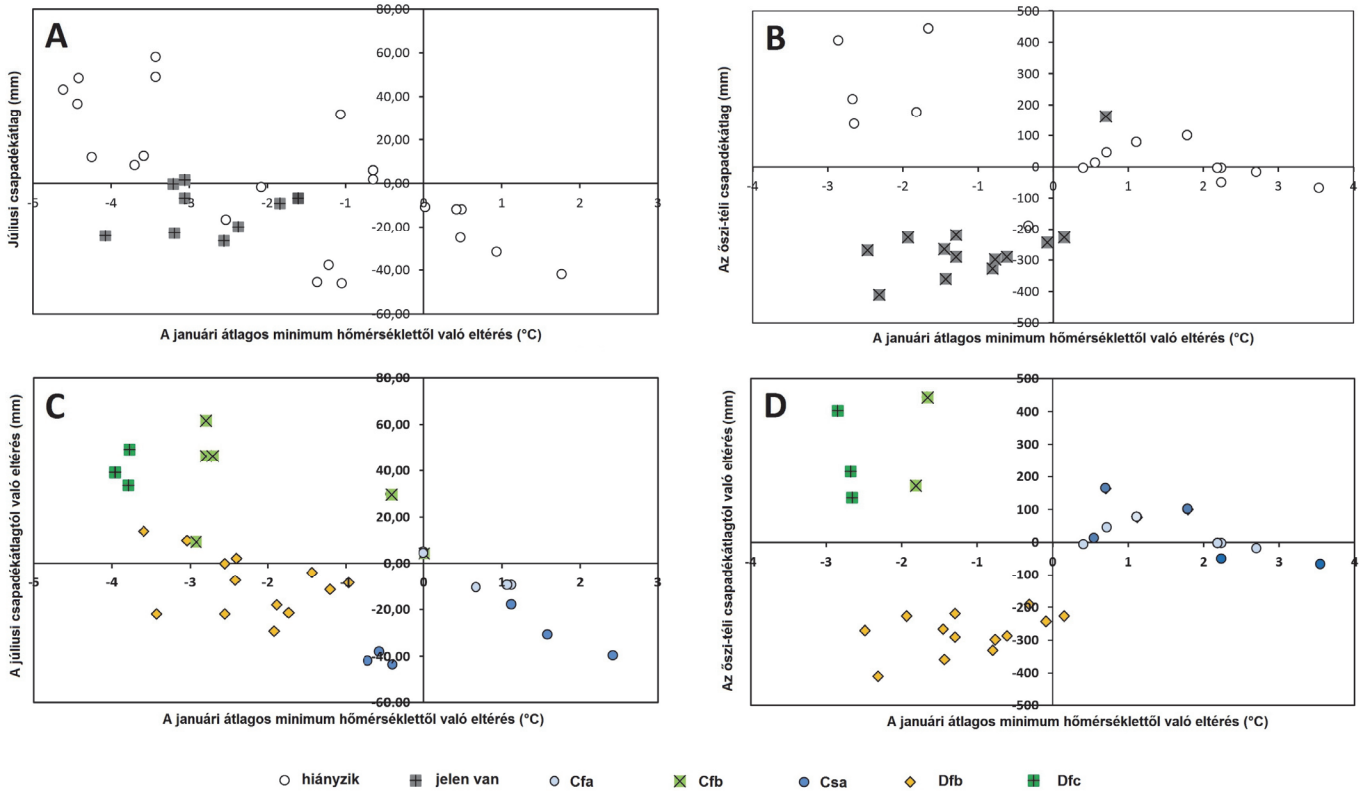
7. ábra: A sikeres és nem sikeres gyűjtési helyek ROC analízise a januári minimum hőmérsékletek és a júliusi csapadékösszegek szerint

Klímaforító modellezés. Kutatásunk során az adatok statisztikai előfeldolgozáson estek át, amivel az elterjedési térképek kis horizontális felbontásából és a tévesen bekerült klímaadatokból adódó pontatlanságokat sikerült mérsékelni az adatsorok néhány percentilisének elhagyásával. Microsoft Excel 2010 és PAST statisztikai program (Hammer et al., 2001) segítségével, iteratív modellezés futtatásával megállapítottuk, hogy a középhőmérsékletek alsó és felső 5-5, a minimum-hőmérsékletek alsó és felső 2-2, a csapadékok alsó 0 és felső 8 percentilisének elhagyásával kapjuk a legmegbízhatóbb modellt. A vázolt modellkalibrációs módszer hasonlít az ROC/AUC sta-

tisztikára, mely a valós pozitív és a téves pozitív esetek arányát vizsgálja (Hanley and McNeil, 1982), s így az arra tett észrevételek vonatkozathatók az általunk használt módszerre is. Térinformatikai szoftver (ESRI ArcGIS) segítségével az ázsiai tigrisszúnyog elterjedési területén a

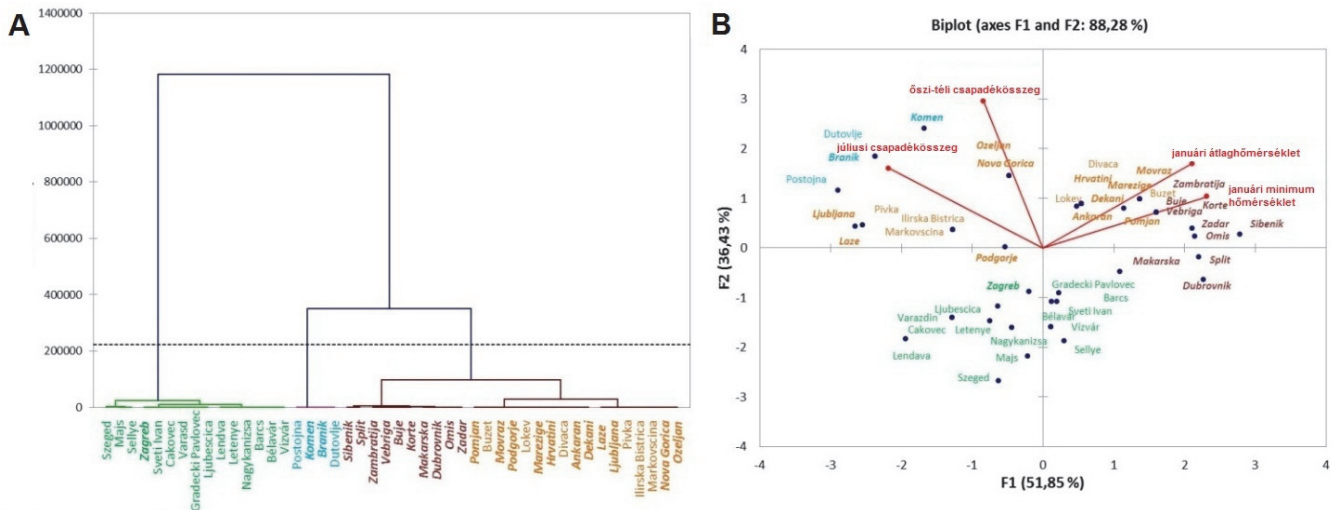
időszakbeli (validálás) és jövőbeli (projekció) klímadatsorokban.

Modellezési módszerünk az úgynevezett éghajlati burkológörbe-modellezés (ÉBM, climate envelope model,



8. ábra: A sikeres és nem sikeres gyűjtési helyekhez tartozó Köppen-Geiger-féle klímakategóriák (vagy biomok).

Júliusi csapadékösszeg és a januári átlagos minimumhőmérséklettől való eltérés (A), az őszi-téli csapadékmennyiség és a januári átlagos minimumhőmérséklettől való eltérés (B), a júliusi csapadékatlaltól való eltérés és a januári átlagos minimum hőmérséklettől való eltérés (C), valamint a őszi-téli csapadékatlaltól való eltérések és a januári átlagos minimum hőmérséklettől való eltérés koordináta tengelyei szerint ábrázolva (D)



9. ábra: A klaszteranalízis (A) és a főkomponens-analízis (B) eredményei az őszi-téli csapadékösszeg, a júliusi csapadékösszeg, a januári átlaghőmérséklet és a januári minimumhőmérséklet értéke alapján. A mintavételi települések a klímatispusnak megfelelően lettek színezve az 5. ábrának megfelelően. A pozitív gyűjtési helyek félkövér, dőlt betűvel kiemelten szerepelnek (narancs: Cfa, kék: Cfb, barna: Csa, zöld: Dfb klímák a Köppen-Geiger-féle klímatispusok szerint)

referencia-időszak (1961–1990) alatt az elterjedési területen jellemző éghajlati paramétereket listáztuk, majd a megfelelő számú percentilis elhagyásával e módosított paraméterek együttállását kerestük a referencia-

CEM, további ismert nevei: niche-alapú modellezés, korrelatív modellezés) volt. Ennek lényege, hogy a módszer az éghajlat hatását a fajok elterjedésére oly módon vizsgálja, hogy a jelenlegi elterjedési területen fellelhető kli-

maértékek köré burkológörbét húz, majd a jövőbeli időszakban megkeresi azokat a területeket, melyek klímája e tartományba esik (Harrison et al., 2006, Hughes, 2000). A mechanisztikus modellekkel ellentétben az ÉBM statisztikai összefüggést keres az éghajlati paraméterek és az elterjedések között (Guisan and Zimmermann, 2000; Elith and Leathwick, 2009), és rejtetten a vizsgált változók referencia-időszakbeli térbeli kapcsolatából azok későbbi időbeli kapcsolatára következtet. A módszer feltételezi, hogy a (referencia-időszakbeli és jövőbeli) elterjedést egyaránt (és azonos módon) a klíma határozza meg (Czúcz, 2010), mely csak fenntartásokkal fogadható el olyan vektor rovarfajok esetében, mint az ázsiai tigrisszúnyog (Shaw, 2007). Szerencsére, számos, más, hasonló eredményekre vezető tanulmány támogatja a megközelítés helyességét (Caminade et al. 2012; Fischer et al. 2011). Az 5. ábra a CEM elvét szemlélteti.

Eredmények. Az észak-balkáni és dél-magyarországi előfordulást limitáló éghajlati faktorok. A gyűjtőhelyeket, aszerint, hogy ott *Aedes albopictus* bármilyen egyedfejlődési formáját megfigyelték, megfigyeltük-e, két csoportba válogattuk. A Mood's median test alapján a két csoport között szignifikáns eltérések voltak észlelhetők a januári átlagos minimum hőmérséklet és az átlagos minimum hőmérséklet értékeiben; a júliusi átlagos csapadékmennyiség értékeinek (negatív) eltérése az átlagtól azon helyeken, ahol a januári átlaghőmérséklet az átlag alatt volt; valamint az őszi és nyári csapadékösszegek szerint ($p < 0,001$ volt mind a négy esetben). A két csoport értékei nem mutattak szignifikáns különbséget. A júliusi csapadékösszegek esetében ($p = 0,3541$) gyengébb összefüggést kaptunk. A januári átlagos minimum hőmérséklet értékei eltértek az átlagtól azon helyeken, ahol a júliusi csapadékmennyiség az átlag alatt volt ($p = 0,0185$; 6. ábra). A ROC analízis szerint a júliusi csapadékösszegek nem képeznek differenciáló tényezőt a sikeres és sikertelen gyűjtési pontok között (auc=0,5594, power=0,107, vágópont=66,14 mm). Ezzel ellentétben, a januári átlagos minimumhőmérséklet valódi differenciáló faktor a két csoport tekintetében (auc=0,7629, power=0,9194, vágópont=-1.2 °C). Itt érdemes megjegyezni, hogy Rochlin et al. (2013) arra a következtetésre jutottak, hogy -2 °C-os januári átlaghőmérséklet alatt már kizárható az ázsiai tigrisszúnyog túlélése egy területen (7. ábra).

Az elterjedési terület éghajlati típusai a Köppen-Geiger klíma klasszifikáció szerint. A sikeres és sikertelen gyűjtési helyek jól láthatóan elkülönülnek a különböző klimatikus értékek alkotta Descartes koordináta-rendszerben. Az átlagnál melegebb nyarakkal jellemezhető mediterrán klímájú területeken és a mediterrán hegyvidéki területeken fordul elő elsősorban az ázsiai tigrisszúnyog a Balkán-félsziget északnyugati területein. A kontinentális előfordulások nem jellemzők. Jól megfigyelhető a meleg mérsékelt és a kontinentális mérsékelt övi helyek elkülönülése. A sikeres és sikertelen fogási helyek ábrázolása a diagramon láthatóvá teszi a tény, hogy az ázsiai tigrisszúnyog a vizsgált időszakban csaknem hiányzott a kontinentális klímájú területekről (8. ábra). A klaszteranalízis szerint is jól elkülönülnek a sikeres és nem sikeres

gyűjtési helyek. A nedves szubtrópusi (Cfa), az óceáni (Cfb) – ideértve ez alatt térben a mediterrán hegyvonulatok alacsonyabb régióit, völgyeit az Észak-Balkánon –, és a forró nyarú mediterrán (tengerparti) területek (Csa) az ázsiai tigrisszúnyog élőhelyei a Balkán-félsziget északnyugati területein. A nedves kontinentális zónát (Dfb) egyedül Zágráb képviselte 2014-ben. Az ázsiai tigrisszúnyog itteni előfordulását nekünk is sikerült igazolnunk (1. ábra). A sikeres gyűjtési helyek klímáját elsősorban a magas januári átlag és minimum hőmérséklet különbözteti meg a nem sikeres gyűjtési helyektől (9. ábra).

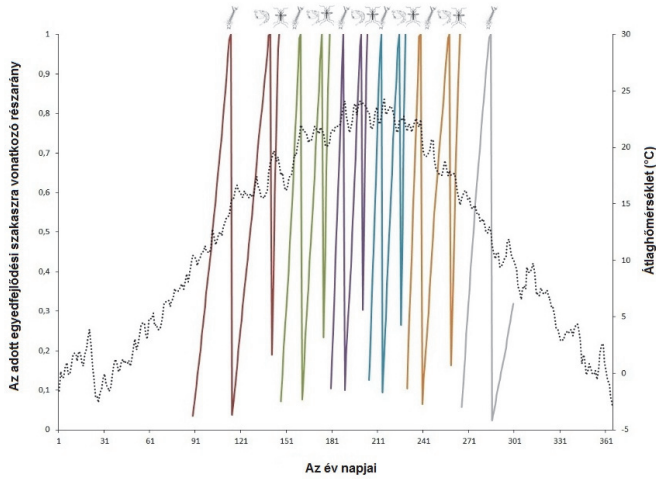
A generációk várható száma. A generációs szám-számítás alapján Magyarországon jelenleg maximum öt ázsiai tigrisszúnyog-generáció képzelhető el. A faj lárváinak egyedfejlődése legkorábban március elején venné kezdetét, az első, kirepülő imágókra azonban csak május elején lehetne számítani. A maximális egyedszám valószínűleg nyár végén-kora ősszel jelentkezne, mint más többgenerációs szúnyogfajok esetében is Magyarországon. A 6. generáció már nem bábozódna be, így összesen 5, kirepülő generációval lehet számolni (10. ábra). A felkeresett három ország maximálisan lehetséges évi generációs számait ábrázolva arra a meglepő következtetésre juthatunk, hogy a jelenlegi állandó előfordulási területek és a Magyarországra számolt értékek között nincsen különbség. Sőt, Szlovénia nem közvetlenül tengerparti területein alacsonyabb az évenként várható generációk száma, mint pl. a Dél-Alföldön. A modell felbontása azonban nem teszi lehetővé, hogy a domborzat hatását érzékelni tudjunk, inkább áttekintő jellegű eredményt ad (11. ábra).

A klímaborító modellezés eredményei. A CEM modell jól közelíti az ázsiai tigrisszúnyog megfigyelt elterjedését. A jövőre nézve a modell a faj terjedését Nyugat- és Dél-Európában is jósolja, de sokkal feltűnőbb az a potenciális elterjedési terület, ami lefedi Magyarország nagy részét, Bulgáriát és a Román-alföldet. A modell a jövőben a faj elterjedési területének további bővülését jelzi előre az említett területeken. Magyarországon és az Észak-Balkánon már jelenleg is lehetőség lenne a faj középtávú életben maradására. Fontos azonban kiemelni, hogy a ritka, de erős lehűlések hatását a modell nem képes megfelelően figyelembe venni. A 12. ábra mutatja a CEM modellezés eredményét.

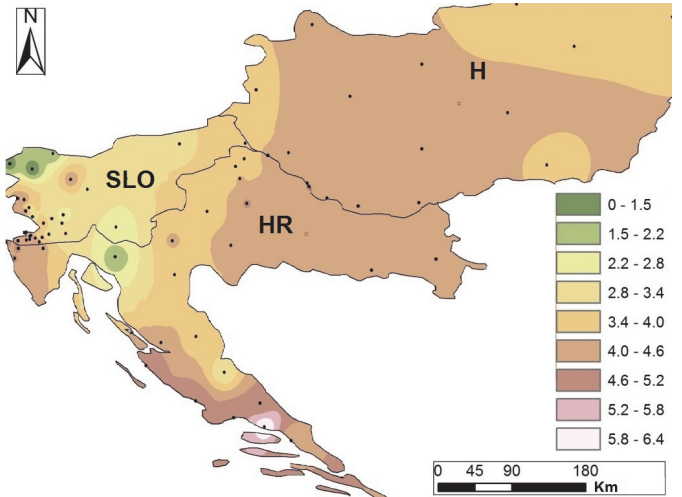
Következtetések. Az ázsiai tigrisszúnyog észak-balkáni elterjedését befolyásoló legfontosabb tényezői január hónap átlag- és minimumhőmérsékleti értékei. A faj trópusi-szubtrópusi eredete miatt a téli hidegek elterjedést korlátozó hatása nem meglepő. Már egy korábbi tanulmányban rámutattam szerzőtársaimmal arra, hogy a januári átlaghőmérsékleti értékek nagyon erősen limitálják a faj elterjedését a kontinentális területeken (Trájer et al., 2014). Mivel a faj eredeti elterjedési területe az egyenlítői forró trópusi esőerdőktől a nedves kontinentális zónáig terjed Kelet-Ázsiában, nem tudható biztosan, hogy eredetileg melyik ökológiai változatát hozták be Európába. Mind Kaliforniában, mind Hollandiában összefüggésbe hozzák megjelenését a Kínából behozott *Dracaena*

(sárkányfa) szállítmányokkal (Scholte et al. 2007; Linthicum et al., 2003). A távolsági kereskedelem forrásországainak figyelembevételével legvalószínűbbnek látszik, hogy a faj Kínából érkezhetett Európába, de ezt további genetikai vizsgálatok erősíthetik csak meg. A faj európai és észak-amerikai előfordulása megközelítően a nedves kontinentális területek határáig tart. Ezen túl ismertek szórványos megfigyelések is, amik azonban nem indikálják az ázsiai tigrisszúnyog állandó jelenlétét és hosszútávú fennmaradását is az adott területeken. Így kamion-tranzit állomásokon megfigyelték dél-morvavarszági alkalmi megjelenését is, holott az valószínű,

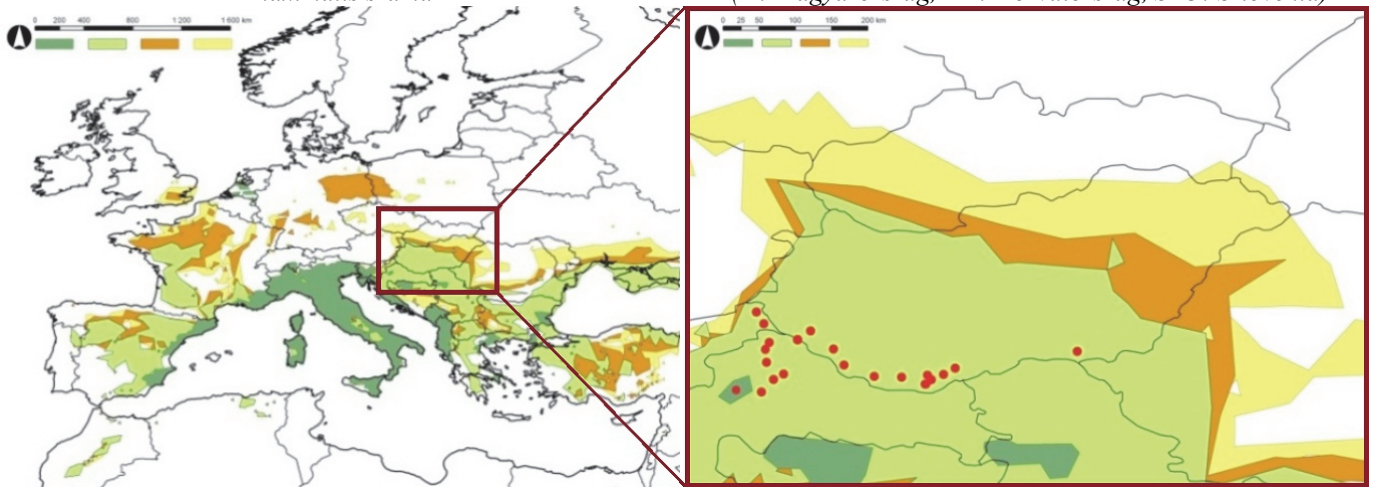
elő is fordul, szabadban nem lehetséges. Az bizonyos, hogy a hazai *Aedes* fajok jellemzően nem telelnek át barlangokban, ilyeneket a *Culex* és az *Anopheles* nemzetségekbe tartozó szúnyogok közt találhatunk. Az ázsiai tigrisszúnyog nőtényei petéiket a víz és a száraz felület határára helyezik. Az ember által eldobott, víztartóként funkcionáló tárgyokban előforduló kisvizék nagy előnye, hogy gyorsan melegek fel és ragadozók rendszerint nem jelennek meg bennük. Legfeljebb a hanyattúszó poloskák, különböző *Notonecta* fajok lehetnek predátoraik, ezt azonban inkább egy másik faj, az *Aedes aegypti* (L.) esetében figyelték meg (Ederly et



10. ábra: Magyarországon lehetséges tigrisszúnyog-generációk maximális száma



11. ábra: Az évenként várható generációk maximális száma (H: Magyarország, HR: Horvátország, SLO: Szlovénia)



12. Az ázsiai tigrisszúnyog valós elterjedési területe 2014-ben, potenciális elterjedése 1961–1990, 2011–2040 és 2041–2070 közötti időszakokban a REMO klímamodell szerint. A piros pöttyök a gyűjtési helyeinket jelölik. Színkódok: sötétzöld: megfigyelt, világoszöld: 1961–1990, narancssárga: 2011–2040 és világossárga: 2041–2070

hogy legfeljebb egy nyári, behurcolt esetről lehetett szó (Šebesta et al., 2012). Az áttelelés esetén a külső környezeti tényezők alakulása akkor lényeges, ha nem az imágók átteleléséről van szó. Ismert pl., hogy az egyes maláriaszúnyogok (elsősorban az *An. messeae* és *An. maculipennis* s.s.) nőtényei fűtött vagy legalább hőszennyezett helyiségekben, az állatok hője által fűtött istállóban vagy a földhő által fagyponthoz feletti hőmérsékleten fűtött barlangokban képesek áttelelni (Thomas et al., 1991). Az ázsiai tigrisszúnyog az enyhe telekkel bíró mediterrán területeken imágóként is képes áttelelni, a kontinentális éghajlat mellett azonban ez kérdéses, és ha

al., 1999; Ellis and Borden, 1970). Mivel az emberi szemből képződő kisvíztartók vizet át nem eresztő anyagokból készültek (műanyag, üveg és gumi szemét), ezért a talajba nem szivároghat el az esővíz közvetlenül, ezért a csapadékvíz teljes egészében hasznosulhat a szúnyogok szempontjából. Hátrányuk, hogy a talajvíz utánpótlása nélkül rövid életű víztestek lehetnek és a természetes vizekkel ellentétben, kitettségük miatt, télen teljesen átfagynak és erősen lehűlnek. Ez magyarázhatja azt az észlelést, hogy a mediterrán hegyvidéki területek magas téli csapadékmennyiségei mellett a tigrisszúnyog olyan helyeken is előfordul, ahol kontinentális, száraz

telekenn azonos mértékű átlagos januári hidegek esetén már nem.

Bár jelen tanulmányunk vizsgálódási területe más, meg kell említeni, hogy a magas júliusi csapadék és az atlanti területek óceáni klímájú nyaraira jellemző alacsonyabb átlaghőmérsékleti értékek szintén negatív hatással vannak a faj populációinak fennmaradására (Trájer *et al.*, 2014). Ne felejtjük el, hogy a júliusi csapadékösszegek előfordulást limitáló hatásának elmaradása az átlagokra érvényes, és külön elemzést igényel. Azt tudjuk, hogy a csapadéknak az egyes szúnyogfajok elterjedésére és egyedszámukra gyakorolt hatása függ a csapadékhullás évi eloszlásától és mennyiségétől és attól is, hogy milyen éghajlati övben tartózkodunk. A forró nyarakkal jellemezhető szubtrópusi, szemi-arid szavanna klímán a téli félév az egyetlen olyan évszak, amikor csapadék hullhat. A rá következő nyár forró és száraz, így állandó, de még intermittáló vízfolyások se nagyon fordulnak elő. Az ilyen területeken a nyári csapadék hiánya valóban korlátozhatja az egyes szúnyogfajok túlélését. Nagyjából ez az az éghajlati öv és a rákövetkező jelöli ki a faj elterjedésének déli határát a Földközi-tenger déli medencéjében a Szahara vagy Levantén a Negev-sivatag irányában. Ha kissé északabbra megyünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a forró nyarú mediterrán zónában a vízfolyások nagy része nem állandó, és még a nagyobbak is nyaranta kis tavak láncolatává válnak, vagy nyár végére teljesen szárazzá is válhat a medrük. Mint láttuk, az ázsiai tigrisszúnyog mégis kedveli az Adriai-tenger északi partvidékének klímáját. Valójában, az áramló víz megszűntével keletkező pangó kisvizetek remek élőhelyeket biztosítanak a honos szúnyogok számára. Az ázsiai tigrisszúnyog szempontjából inkább a kiszámíthatatlanul, nyaranta rendszertelenül, de gyakran előforduló felhőszakadások biztosítják fennmaradásuk alapját. Közép-Európában szintén a nyári záporok szolgáltatják a szaporodáshoz szükséges csapadékvizet. Mindenesetre az ismert, hogy a meleg mérsékelt övi területeken a záportározók és a csapadékvíz-elvezető csatornák remek élőhelyeket biztosítanak az antropogén környezetet kedvelő szúnyogfajoknak (Rey *et al.*, 2006; Kaufman *et al.*, 2005). Az ázsiai tigrisszúnyog esetében kevésbé tűnnek fontosnak ezek az élőhelyek, inkább az *Aedes aegypti* számára alkalmas élőhelyeknek (Arana-Guardia *et al.*, 2014). Az elmondottak alapján Európában általában a nyári csapadék hiánya nem lehet limitáló tényező, ami összhangban van eredményeinkkel. Az óceáni területeken a hideg és csapadékos nyarak nem kedveznek a faj fennmaradásának, de a vizsgált területen – beleértve hazánkat – a forró nyarak jellemzőek. Ez alól csak a hegyvidéki területek képeznek kivételt. Ez nem mond ellent annak, hogy különösen száraz nyarak esetén nehezen elképzelhető, hogy a faj populációinak nagysága lecsökken, azonban, ez a populációk nagyságának csökkenését és nem a faj elterjedésének összehúzódását vonja maga után. A számolt maximális évi generációs szám olyan, ami egy többgenerációs szúnyogfaj esetén elvárható és Magyarországon semmivel sem kevesebb, mint azokon az északnyugat-balkáni területeken, ahol már ma is stabil populációi élnek a fajnak.

Irodalom

- Arana-Guardia, R., Baak-Baak, C. M., Loroño-Pino, M. A., Machain-Williams, C., Beaty, B. J., Eisen, L., García-Rejón, J. E., 2014: Stormwater drains and catch basins as sources for production of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Acta tropica* 134, 33–42.
- Benedict, M. O., Levine, R. S., Hawley, W. A., Lounibos, L. P., 2007: Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-borne and zoonotic diseases* 7(1), 76–85.
- Bocková, E., Kočíšová, A. and Letková, V., 2013: First record of *Aedes albopictus* in Slovakia. *Acta Parasitologica* 58(4), 603–606.
- Calado, D. C. and Silva, M. A. N. D., 2002: Evaluation of the temperature influence on the development of *Aedes albopictus*. *Revista de Saúde Pública* 36(2), 173–179.
- Caminade, C., Medlock, J. M., Ducheyne, E., McIntyre, K. M., Leach, S., Baylis, M. and Morse, A. P., 2012: Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society Interface*, rsif20120138.
- Cancrini, G., Frangipane, di Regalbono, A., Ricci, I., Tessarin, C., Gabrielli, S. and Pietrobello, M., 2003: *Aedes albopictus* is a natural vector of *Dirofilaria immitis* in Italy. *Veterinary parasitology* 118(3), 195–202.
- Czúcz, B., 2010: Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. *Doktori értekezés*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Budapest
- Delatte, H., Gimonneau, G., Triboire, A. and Fontenille, D., 2009: Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. *Journal of Medical Entomology* 46(1), 33–41.
- Dormann, C. F., 2007: Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology* 8, 387–397.
- Eggerly, J. S., Willey, M. S. and Livdahl, T., 1999: Intraguild predation among larval treehole mosquitoes, *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, and *Ae. triseriatus* (Diptera: Culicidae), in laboratory microcosms. *Journal of Medical Entomology* 36(3), 394–399.
- Elith, J. and Leathwick, J. R., 2009: Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 677–697.
- Ellis, R. A. and Borden, J. H., 1970: Predation by *Notonecta undulata* (Heteroptera: Notonectidae) on larvae of the yellow-fever mosquito. *Annals of the Entomological Society of America* 63(4), 963–973.
- Fischer, D., Thomas, S. M., Neteler, M., Tjaden, N. B. and Beierkuhnlein, C., 2014: Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. *Eurosurveillance* 19(6), 20696.
- Fischer, D., Thomas, S. M., Niemitz, F., Reineking, B. and Beierkuhnlein, C., 2011: Projection of climatic suitability for *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions. *Global and Planetary Change* 78(1), 54–64.
- Grard, G., Caron, M., Mombo, I. M., Nkoghe, D., Ondo, S. M., Jiolle, D., Fontenille, D., Paupy, C. and Leroy, M. E., 2014: Zika virus in Gabon (Central Africa)–2007: a new threat from *Aedes albopictus*? *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8: e2681.
- Gratz, N. G., 2004: Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology* 18(3), 215–227.
- Guisan, A. and Zimmermann, N. E., 2000: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147–186.
- Hammer, R., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D., 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, 9.

- Hanley, J. A., McNeil, B. J., 1982: The meaning and use of area under a receiver operating characteristics (ROC) curve. *Radiology* 143, 29–36.
- Hochedez, P., Jaureguiberry, S., Debruyne, M., Bossi, P., Hausfater, P., Brucker, G., Bricaire, F. and Caumes, E., 2006: Chikungunya infection in travelers. *Emerging Infectious Diseases* 12(10), 1565.
- Ibáñez, I., Clark, J. S., Dietze, M. C., Feeley, K., Hersh, M., LaDeau, S., McBride, A., Welch, N.E. and Wolosin, M. S., 2006: Predicting biodiversity change: outside the climate envelope, beyond the species–area curve. *Ecology* 87(8), 1896–1906.
- Ibáñez-Bernal, S., Briseno, B., Mutebi, J. P., Argot, E., Rodriguez, G., Martinez-Campos, C., Paz, R., de la Fuente-San Román, P., Tapia-Conyer, R. and Flisser, A., 1997: First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology* 11(4), 305–309.
- Kalan, K., Kostanišek, R., Merdić, E. and Trilar, T., 2011: A survey of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) distribution in Slovenia in 2007 and 2010. *Natura Sloveniae* 12(2), 39–50.
- Kaufman, M. G., Bray, A. K., Makowski, D. and Walker, E. D., 2005: Mosquito production from storm water catchment systems in Michigan. *Impacts of Global Climate Change* 1–8.
- Klobučar, A., Merdic, E., Benic, N., Baklaic, Ž. L. and Krčmar, S. A., 2006: First record of *Aedes albopictus* in Croatia. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22(1), 147–148.
- Knudsen, A. B., Romi, R. and Majori, G., 1996: Occurrence and spread in Italy of *Aedes albopictus*, with implications for its introduction into other parts of Europe. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12(2 Pt 1), 177–183.
- Linthicum, K. J., Kramer, V. L., Madon, M. B. and Fujioka, K., 2003: Introduction and potential establishment of *Aedes albopictus* in California in 2001. *Journal of the American Mosquito Control Association* 19(4), 301–308.
- Luciano, T. O. M. A., Severini, I. F., Di Luca, I. M., Bella, I. A. and Roberto, R., 2003: Seasonal patterns of oviposition and egg hatching rate of *Aedes albopictus* in Rome. *J Am Mosq Control Assoc.* 19(1), 100.
- Mansuy, J. M., Dutertre, M., Mengelle, C., Fourcade, C., Marchou, B., Delobel, P. and Izopet, J., 2016: Zika virus: high infectious viral load in semen, a new sexually transmitted pathogen. *Lancet Infect Dis.* 16(4), 405.
- Medlock, J. M., Avenell, D., Barrass, I. and Leach, S., 2006: Analysis of the potential for survival and seasonal activity of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom. *Journal of Vector Ecology* 31(2), 292–304.
- Merdić, E., 2011: *Aedes albopictus*: Invasive species in Croatia (past, present, surveillance and risk assessment). Symposium: Emerging vector-borne disease, the role of *Aedes* mosquitoes, Cervia 9–10, May. [online publication] URL bib.irb.hr/prikazi-rad?lang=en&rad=625208 [accessed 22 Apr 2016].
- Mitchell, C. J., 1995: Geographic spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in arbovirus cycles in the Mediterranean basin. *Journal of Vector Ecology* 20(1), 44–58.
- Moore, C. G. and Mitchell, C. J., 1997: *Aedes albopictus* in the United States: ten-year presence and public health implications. *Emerging Infectious Diseases* 3(3), 329.
- Petrić, D., Pajović, I., Ignjatović-Čupina, A. and Zgomba, M., 2001: *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), new mosquito species (Diptera: Culicidae) in entomofauna of Yugoslavia. *Biljni Lekar* 29(6), 547–548.
- Petrić, D., Zgomba, M., Ignjatovic Cupina, A., Pajovic, I., Merdic, E., Boca, I. and Landeka, N., 2006: In: Costas, S. (ed): Invasion of the *Stegomyia albopicta* to a part of Europe. 15th European SOVE meeting. Program and abstract book. *Prefecture of Serres, Center for Mosquito Abatement and CIVIC Protection of the Prefecture of Serres*, Serres, Greece, 10–14 May.
- Rey, J. R., O'Meara, G. F., O'Connell, S. M., Cutwa-Francis, M. M., 2006: Factors affecting mosquito production from storm-water drains and catch basins in two Florida cities. *Journal of Vector Ecology*, 31(2), 334–343.
- Rochlin, I., Ninivaggi, D. V., Hutchinson, M. L. and Farajollahi, A., 2013: Climate change and range expansion of the Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in Northeastern USA: implications for public health practitioners. *PloS one* 8(4), e60874.
- Roiz, D., Neteler, M., Castellani, C., Arnoldi, D. and Rizzoli, A., 2011: Climatic factors driving invasion of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) into new areas of Trentino, Northern Italy. *PloS one* 6(4), e14800.
- Romi, R., Severini, F. and Toma, L., 2006: Cold acclimation and overwintering of female *Aedes albopictus* in Roma. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22(1), 149–151.
- Sardelis, M. R., Turell, M. J., O'Guinn, M. L., Andre, R. G. and Roberts, D. R., 2002: Vector competence of three North American strains of *Aedes albopictus* for West Nile virus. *Journal of the American Mosquito Control Association* 18(4), 284–289.
- Scholte, E. J. and Schaffner, F., 2007: Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. In: Takken W. and Knols B.G.J. (eds). *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 241–260.
- Scholte, E. J., Jacobs, F., Linton, Y. M., Dijkstra, E., Fransen, J. and Takken, W., 2007: First record of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in the Netherlands. *European Mosquito Bulletin* 22, 5–9.
- Šebesta, O., Rudolf, I., Betášová, L., Peško, . and Hubálek, Z., 2012: An invasive mosquito species *Aedes albopictus* found in the Czech Republic, 2012. *Eurosurveillance* 17, 43.
- Shaw, J., 2007: The leishmaniases – survival and expansion in a changing world. A mini-review. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 102, 541–547.
- Solano Gállego, L., Fernández Bellon, H., Serra, P., Gállego, M., Ramis, A., Fondevila, D. and Ferrer, L., 2003: Cutaneous leishmaniasis in three horses in Spain. *Equine Veterinary Journal* 35(3), 320–323.
- Thomas, G., Jaenson, T. and Ameneshewa, B., 1991: Prehibernation diet and reproductive condition of female *Anopheles messeae* in Sweden. *Medical and Veterinary Entomology* 5(2), 243–252.
- Trájer, A., Hammer, T., Kacsala, I., Tanczos, B., Bagi, N. and Padisák, J., 2017a: Decoupling of active and passive reasons for the invasion dynamics of *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae): Comparisons of dispersal history in the Apennine and Florida peninsulas. *Journal of Vector Ecology* 42(2), 233–242.
- Trájer, A. J., Tanczos, B., Hammer, T., Bede-Fazekas, Á., Ranvig, K. A. and Padisák, J., 2017b: The complex investigation of the colonization potential of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the South Pannonian Ecoregion. *Applied Ecology and Environmental Research* 15(1), 275–298.
- Trájer, A. J., Hammer, T. and Rengei, A., 2015: Trapping blood-feeding mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the first lethal canine dirofilariasis site in Szeged, Hungary. *Folia entomologica hungarica* 76, 251–258.
- Trájer, A. J., Bede-Fazekas, Á., Bobvos, J. and Páldy, A., 2014: Seasonality and geographical occurrence of West Nile fever and distribution of Asian tiger mosquito. *Időjárás* 118, 19–40.
- Urbanelli, S., Bellini, R., Carrieri, M., Sallicandro, P. and Celli, G., 2000: Population structure of *Aedes albopictus* (Skuse): the mosquito which is colonizing Mediterranean countries. *Heredity* 84(3), 331–337.
- VBORNET, 2015: Current known distribution of *Aedes albopictus* [January 2016]. URL http://VBORNET.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/VBORNET_maps.aspx [accessed 22 Apr 2016].
- Wong, P. S. J., Li, M. Z. I., Chong, C. S., Ng, L. C. and Tan, C. H., 2013: *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse): a potential vector of Zika virus in Singapore. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7: e2348.

ISCHAEMIÁS STROKE ÉS SZÍVINFARKTUS TÉLEN. A FELLÉPÉS ÉS KIMENETEL ÖSSZEHAJONLÍTÁSA LÉGKÖRI PARAMÉTER ALAPJÁN

ISCHEMIC STROKE AND MYOCARDIAL INFARCT IN WINTER. COMPARISON OF THE ONSET AND OUTCOME BASED ON AN ATMOSPHERIC PARAMETER

Folyovich András¹, Biczó Dávid^{1,2}, Al-Muhanna Nadim¹, Jarecsny Tamás¹, Radics Péter³, Kazinczy Rita³, Pintér Ferenc⁴, Pintér Ádám^{5,6}, Fejős Ádám^{4,7}, Fisher Antal⁴, Berezki Dániel⁸

¹Szent János Kórház és Észak-budai Egyesített Kórházak, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum, *andras.folyovich@janoskorhaz.hu*,

²DRK Krankenhaus Neuwied, *biczo.david@gmail.com*, ³Szent János Kórház, III. Belgyógyászati – Kardiológiai Osztály, *radics.peter.88@gmail.com*, *rita.kazinczy@gmail.com*,

⁴Meteo Klinika Ltd., Budapest, *ferenc.pinter@icicom.hu*, ⁵BME, MOGI Tanszék, Budapest, ⁶ICI Interaktív Zrt., Budapest, ⁷ELTE, Budapest, ⁸Semmelweis Egyetem, Neurológiai Klinika, *berezki.daniel@med.semmelweis-univ.hu*

Összefoglalás. *Bevezetés:* az akut ischaemiás stroke, a szívinfarktus és a perifériás érbetegség mindegyike az érrendszer betegsége. Ismert ugyanakkor több eltérő jellemzőjük. Mind a neurológiai, mind a kardiológiai sürgősségi ellátás érdeke, hogy találjon olyan előre jelezhető tényezőket, melyek a szervezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásuk révén befolyással lehetnek a megbetegedések számára és kimenetelére. Munkánk előzménye volt, hogy egy meteorológiai paramétról, az ekvivalens potenciális hőmérsékletről (EPT) sikerült bizonyítani, hogy a 30 évi átlagtól való jelentős eltérése (ún. anomáliás periódus) kedvezőtlen hatással van a stroke kimenetelére. Az EPT a különböző térségből érkező légtömegek karakterizálására alkalmas. Munkánkban ennek hatását mind szívinfarktussal, mind stroke-kal kapcsolatban vizsgáltuk; egyúttal összehasonlítottuk a két érrendszeri betegség viselkedését is. A Kárpát-medence légköri adottságai miatt a megbízhatóan feldolgozható téli hónapokat elemeztük. *Betegek és módszer:* a Szent János Kórház Neurológiai Osztály – Stroke Centrum és a III. Belgyógyászati – Kardiológiai Osztály adatait elemeztük a Meteo Klinika által meghatározott, az EPT paraméterre alapozott anomáliás időszakok függvényében. 2009. téli hónapjai során az akut ischaemiás stroke és szívinfarktus miatt történt felvételek számát és a halálozást vetettük össze anomáliás és nem anomáliás periódusok tekintetében. A betegek adatait anonim módon dolgoztuk fel, az anomáliás periódusokat a humánmeteorológusok állapították meg. *Eredmények:* 2009-ben az akut ischaemiás stroke miatti halálozás 43,2%-a fordult elő a téli hónapokban, szívinfarktus esetében 38,5%-a. A vizsgált 90 napból 48,5 volt ún. anomáliás nap. A stroke miatti kórházi felvételek átlaga anomáliás napokon 2,52, míg nem anomáliás napokon 1,49 volt. Ugyanez szívinfarktus esetében 0,39 volt mindkét periódusban. Egy anomáliás napra átlagosan 0,56, egyéb napokra 0,19 stroke miatti halálozás esett. A szívinfarktus miatti átlagos halálozás 0,12, ill. 0,096 volt. Szignifikáns kapcsolatot az EPT változásával az akut ischaemiás stroke miatti halálozásban találtunk ($p=0,017$). *Következtetés:* Mind az akut ischaemiás stroke, mind a szívinfarktus esetében érzékelhető volt az események téli – szakirodalomból ismert – halmozódása, következményesen magasabb mortalitása. Az anomáliás EPT időszakok azonban sokkal inkább befolyásolták az akut stroke-események felléptét és kimenetelét, mint a szívinfarktusét. Szignifikáns kapcsolatot csak az akut ischaemiás stroke kedvezőtlenebb kimenetelével találtunk. Eredményeink alátámasztják, hogy az érrendszeri betegségek csoportjába tartozó kórképek egyes jellemzőikben különböznek. További következtetések levonására nagyobb betegszámú vizsgálat lehet alkalmas.

Abstract. *Introduction:* acute ischemic stroke, myocardial infarction and peripheral vascular disease are all afflictions of different parts of the vascular system. However, their characteristics differ greatly. Forecasting potentially harmful processes may have practical importance in the acute care of cardiovascular and stroke patients. Our work was preceded by the demonstration of a meteorological parameter, the equivalent potential temperature (EPT). The EPT is capable of characterizing air masses from different regions, a significant deviation from the 30-year average of EPT (so-called anomalous period) has an adverse effect on stroke outcome. In our present work this effect was investigated in both myocardial infarction and stroke; at the same time we compared the behaviour of the two vascular diseases. Because of the atmospheric conditions of the Carpathian Basin we analysed the dependable winter months. *Patients and method:* the data of the patients of Department of Neurology and Stroke Center and 3rd Department of Internal Medicine – Cardiology of Szent János Hospital, Budapest were analysed according to the anomalous periods of EPT, as defined by Meteo Clinic. During the winter months of 2009 the number of admissions and mortality due to acute ischemic stroke and myocardial infarction were compared based on anomalous and non-anomalous periods. Patients' data were analysed anonymously, anomalies were determined by human meteorologists. *Results:* In 2009, 43.2% of deaths due to acute ischemic stroke and 38.5% due to myocardial infarction occurred in the winter months. Of the 90 days, 48.5 were anomalous days. The average number of hospital admissions due to stroke was 2.52 on anomalous days and 1.49 on non-anomalous days. This value for myocardial infarction was 0.39 during both periods. The average number of deaths due to stroke was 0.56 on anomalous days and 0.19 on non-anomalous days. The average number of deaths due to myocardial infarction was 0.12 and 0.096 on anomalous and non-anomalous days respectively. Significant correlation with EPT change was found only in acute ischemic stroke mortality ($p = 0.017$). *Conclusion:* The well-known higher incidence of both acute ischemic stroke and myocardial infarction and consequently higher mortality rates during the winter period were observed. However, anomalous EPT periods had a remarkably greater influence on the occurrence and fatal outcome of acute ischemic stroke than myocardial infarction. Significant correlation was found only with the less favourable outcome of acute ischemic stroke. Our findings support the fact that various

vascular diseases have different characteristics. For further conclusions larger studies are necessary.

A szívinfarktus és a stroke kialakulásában szerepet játszó ún. rizikótényezők felderítése (helyes életmód, testmozgás, étkezés ill. dohányzás, túlzott alkohol fogyasztás kerülése), befolyásolása, a társbetegségek (magas vérnyomás, cukorbetegség, magas koleszterinszint, pitvarfibrilláció) kezelése a keringési betegségek megelőzésének hatékonyságát növeli. Minden igyekezetünk ellenére azonban a szívinfarktus és az agyi érkatasztrófák (stroke) felléptével továbbra is számolni kell.

A modern vizsgálati és kezelési lehetőségek költségigényesek, működtetésükhöz jól felkészült szakemberekre, magas technikai színvonalú, drága eszközökre van szükség. A rövid beavatkozási időt biztosító, ún. szűk időablakú kezelések összehangolt, gyors munkát igényelnek az egészségügyi személyzet részéről. A folyamat valamennyi része tehát olajozottan működő, előre tervezett és begyakorolt logisztikára épül. A rendszer akkor lehet hatékony, ha többé-kevésbé kiszámítható a rá nehezedő ellátási igény. A heveny szív- és agyi érkatasztrófák esetében ez igen nehéz. Ha azonban sikerül néhány tényezőt felderíteni, mely előre jelezheti a várható betegszámot, az ellátórendszer működése hatékonyabb és gyorsabb lehet, melyből alapvetően a beteg profitál. Előre jelezhető kritikus időszakot okozhatnak a meteorológiai tényezők.

Betegek. A heveny agyi érbetegségek két fő csoportba oszthatók: a keringésszavar révén kialakuló, adott esetben agyi infarktushoz vezető (ún. ischaemiás) állapotok, és az agyvérzések. E két csoport sok szempontból másként viselkedik, kezelésük is különböző. Megoszlásuk szerint előbbibe a betegek kb. 80, utóbbiba 20%-a tartozik. A szívinfarktus kórokiilag az agyi keringésszavarral mutat hasonlóságot, bár nem minden tekintetben azonos a folyamat. Ez a magyarázata annak, hogy az agyi infarktusos betegeket választottuk munkánkba, így, bár nem az összes, de a stroke esetek jelentősen nagyobb ischaemiás hányada megítélhető.

Valamennyi, a Szent János Kórház Neurológiai Osztály – Stroke Centrumba ischaemiás stroke, ill. a III. Belgyógyászati Kardiológiai Osztályra szívinfarktus miatt 2009. januárban, februárban és decemberben felvett beteg adatait elemeztük. A neurológiai betegek mindegyikénél készült koponya CT vizsgálat, mely igazolta az agyi infarktust, kizárta az agyvérzést vagy más idegrendszeri megbetegedést. A betegadatokat retrospektíven dolgoztuk fel és anonim módon kezeltük. A humánmeteorológiai szakértők csak a beteg életkoráról, neméről, a halálozás pontos időpontjáról (hónap, nap, óra, perc) tudtak. Ezeket az adatokat vetettük össze a kiválasztott meteorológiai paraméterrel.

Meteorológiai háttér. Az ekvivalens potenciális hőmérséklet (equivalent potential temperature, EPT) jól definiált a dinamikus meteorológiában (Bolton, 1980; Holton, 1972):

$$EPT = T_e \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R_d}{c_{pd}}}$$

A formula az EPT légköri prognosztikai modellekbe illeszthető alakja (Stull, 1988), ahol T_e (°C) az ekvivalens hőmérséklet, p_0 (Pa) a felszíni légnyomás, p (Pa) a légnyomás, R_d (J/kgK) a száraz levegő univerzális gázállandója, c_{pd} (J/kgK) pedig a levegő állandó nyomáson vett fajhője. Az EPT értékek elérhetőek az interneten (University of Wyoming Department of Atmospheric Sciences), melyek a mérési adatokat 1973-tól tartalmazzák. Ez lehetővé teszi 30 évi klimatikus átlagok meghatározását.

Az EPT az élettani folyamatok tükrében került elemzésre. Budapest térségére (1500 m, 850 hPa nyomási szintre) kiszámolt 30 évi átlaghoz viszonyítottuk az EPT hasonló magassági szinten vett (mérésekből származó) viselkedését minden halálozási időpontban.

Az anomáliás időszakokkal azokat a légköri változásokat követtük, melyekben az aktuális időjárást adó közeg termodinamikai tulajdonságai szignifikánsan eltérnek a térségünkben uralkodó, atlanti-térségből érkező légtömegekétől. Fontos megjegyezni, hogy az anomáliás periódusok alkalmazhatók a légnyomásváltozások jellemzésére, amikor a hőmérséklet és páratartalom 850 hPa nyomás mellett szignifikánsan eltér a domináns Atlanti-óceáni légtömeg paramétereitől. Ha az anomália pozitív illetve negatív, akkor az aktuális légtömeget általában mediterrán illetve sarki/kontinentális eredetűnek tekinthetjük. 2009 téli hónapjainak adatai alapján a Meteo Klinika (Budapest) humán-meteorológus szakemberei megalkották a szignifikáns anomáliás periódusok fogalmát.

A kritériumok a következők voltak:

- Legalább 6 egymást követő 12 órás mérés (2,5 nap). Kevesebb mérés tartósan mozdulatlan légtömeg hatását jelenthetné szignifikánsan más EPT eredményt adva.
- Legalább ± 5 °C-os eltérés az átlagtól. Az EPT téli fluktuációja 40 és 50, az évi 50 és 70 °C között van, így ésszerű volt 5 °C (durván 10%) határérték választása.
- Az időszak kezdeti és végpontjában fenn kell állnia az 5 fokos eltérésnek, de hosszabb időszakok során releváns bizonyos mértékű ingadozást megengedni: minimálisan az időszak 90%-ában teljesülnie kell a feltételnek.
- Legalább 10 mérésből álló időszak esetében legalább a mérések 90%-a kell, hogy teljesítse a fenti második kritériumot. Ezzel a kisebb légköri zajok, esetleges alkalmi adathibák szűrhetők ki, melyek nem kötődhetnek légtömeg cseréhez.
- A halálozás időbeli kapcsolatban kell, hogy legyen a meteorológiai eseménnyel (24 órán belül be kellett következzen az anomáliás időszak után), figyelembe véve, hogy az emberi szervezet időbeli késéssel követheti a változásokat.

Statisztikai elemzés. Tekintettel arra, hogy tanulmányunk előzetes jellegű volt és kis esetszámot dolgozott fel, az adatoknak leíró jellegük van. A fatális kimenetelű

esetekben az anomáliás és nem anomáliás napok előfordulását vetettük össze, melyhez khi-négyzet tesztet használtunk. Statistica for Windows v12 (StatSoft, Tulsa, OK) került alkalmazásra.

Eredmények. Eredményeinket az 1. és 2. táblázat foglalja össze. 2009-ben az akut ischaemiás stroke miatti halálozás 43,2%-a fordult elő a téli hónapokban (35-en haltak meg ebben az időszakban az évi 81-ből), szívinfarktus esetében 38,5%-a (10-en az évi 26-ból). A vizsgált 90 napból 48,5 volt ún. anomáliás, 41,5 volt nem anomáliás. A stroke miatti kórházi felvételek átlaga anomáliás napon 2,52, nem anomálián 1,49 volt. Ugyanez szívinfarktus esetében 0,39 volt mindkét időszakban. Egy anomáliás napra átlagosan 0,56, egyéb napokra 0,19 stroke miatti halálozás esett. Szívinfarktus esetében ez 0,12, ill. 0,096 volt. Szignifikáns kapcsolatot az EPT változásával az akut ischaemiás stroke miatti halálozásban találtunk ($p=0,017$). A szívinfarktus előfordulása nem, a halálos kimenetel valamivel gyakoribb volt az anomáliás periódusban ($p = 0,7233$, nem szignifikáns).

Korábban a nyilvánosság számára is hozzáférhető meteorológiai adatok és egy kórházi stroke centrumban akut ischaemiás cerebrovaszkuláris esemény miatt elhunyt be-

1. táblázat Halálozás száma és gyakorisága 2009. egész évben, ill. január, február, december hónapokban

	Stroke	Szívinfarktus
2009-ben	81	26
A vizsgált 3 hónapban	35 (43,2%)	10 (38,5%)

tegek adatainak elemzése révén definiáltunk és bemutattunk egy meteorológiai jelenséget, az anomáliás ekvivalens potenciális hőmérsékletet (EPT-t), mely változást, illetve az átlagtól való eltérést jelez, nem abszolút értéket reprezentál (Folyovich et al., 2015). Ezúttal elemzésünket kiterjesztettük a heveny szívinfarktusra is, mely lehetővé tette e két, sok szempontból hasonló, ám mégis különböző érbetegség összehasonlítását.

Az EPT-t más célokra régebb óta használják a meteorológiában, így viszonylag jól ismert és megfelelő pontossággal előre jelezhető. A paraméter bizonyos mintázatu időbeli viselkedése komoly befolyással van az ischaemiás stroke esetek bekövetkezésére és lefolyására. A stroke-eredetű halálozás háromszor gyakrabban fordult elő téli időszakban anomáliás EPT esetén, ezért ez a légköri folyamat – magas vertikális EPT szint anomáliás viselkedése – klinikai jelentőségű lehet. A stroke és a szívinfarktus multifaktoriális betegség. A több mint 300 lehetséges rizikófaktor között a meteorológiai tényezők (pl. a levegő hőmérséklete, a légnyomás és a légszennyezettség) szerepét is feltételezik, bár ezek nem kellően bizonyított kórokok.

A meteorológiai tényezők változékonysága legalább annyira fontos, mint az abszolút értékük (McArthur et al., 2010). A légnyomás változása a vérnyomás változásához vezet, és elsősorban a vérzéses kórképekkel mutat

kapcsolatot, míg ischaemiás stroke esetében negatív korrelációt mutat (Jimenez-Conde et al., 2008). A légszennyezettség (CO – szén-monoxid, O₃ – ózon, NO₂ – nitrogén-dioxid, SO₂ – kén-dioxid, PM_{2,5} és PM₁₀) mutat ugyan statisztikai szignifikanciát a kardiovaszkuláris és cerebrovaszkuláris eseményekkel, azonban ez nem olyan mértékű, melyre egy ellátó rendszer kapacitását tervezni lehetne (Hong et al., 2002; Kettunen et al., 2007; Samet et al., 2000, Katsouyanni et al., 2001, Folyovich et al., 2013a, b).

A nyári hőhullámok megemelik a teljes, így a keringési zavar okozta halálozást is. Ezt magyar adatok is bizonyítják (Bobvos et al., 2015, Huynen et al., 2001, Robine et al., 2005). Összeurópai nagy epidemiológiai vizsgálatban erős összefüggést találtak a valamennyi betegségre vonatkozó mortalitás és a megemelkedő külső hőmérséklet

2. táblázat: Betegfelvételek és halálozás száma, ill. átlagos előfordulása 2009. január, február, december hónapokban

A vizsgált időszak napjainak száma		90
Anomáliás periódusok napjainak száma		48,5
	Stroke	Szívinfarktus
Betegfelvételek száma a vizsgált időszakban	184	35
Beteg felvételek száma az anomáliás napokon	122	19
Valamennyi halálozás száma a vizsgált időszakban	35	10
Halálozások száma az anomáliás napokon	27	6
Átlagos felvétel anomáliás napokon (beteg/nap)	2,52	0,39
Átlagos felvétel nem anomáliás napokon (beteg/nap)	1,49	0,39
Átlagos halálozási szám anomáliás napokon	0,56	0,12
Átlagos halálozási szám nem anomáliás napokon	0,19	0,10

között, különösen az idősebbek körében (Diaz et al., 2002). A meteorológiai frontok szerepe is meggyőző, de nem betegellátást befolyásoló mértékű (Folyovich et al., 2014). A hideg téli évszakok ugyan szignifikánsan megemelik a halálozást, ez azonban nem 1-1 kiemelt napra vonatkozik (Azevedo et al., 1995). Korábbi vizsgálataink is azt támasztották alá, hogy az eddig vizsgált meteorológiai paraméterek nem alkalmasak jelentős hatással bíró kritikus időszakok meghatározására (Folyovich et al., 2013a,b). Az EPT jelentősége abban áll, hogy az erős korreláció minden korábbinál hasznosabb eszköz lehet a betegellátási kapacitás akár több napos tervezésében.

Vizsgálatunknak ugyanakkor több korlátja van: a betegek száma alacsony, ezért az eredményeket fenntartással kell kezelni. Nagyobb betegszám és prospektív megfigyelés szükséges az eredmény igazolásához, mely a szerencsére alacsony halálozási ráta, továbbá bizonyos adatvédelmi

szabályok miatt nehezen megvalósítható. Az esetszám növelésének további korlátja, hogy a vizsgált időszak a meteorológiai jellemzők miatt rövid és csak téli hónapokat felölelő lehet. Végül: a vizsgálatban az anomáliás időszak fogalmának validálása nem történt meg más körülmények között.

Következtetés. Mind az akut ischaemiás stroke, mind az akut szívinfarktus esetében érzékelhető az események téli - szakirodalomból ismert - halmozódása, következményesen magasabb mortalitása. Az anomáliás EPT időszakok sokkal inkább befolyásolják a stroke-események felléptét és kimenetelét, mint a szívinfarktusét. Szignifikáns kapcsolat csak az akut stroke kedvezőtlenebb kimenetelével van. Vizsgálatunk azt sugallja, hogy az ekvivalens potenciális hőmérséklet kapcsolatban lehet az akut ischaemiás stroke-ot szenvedettek halálózásával. Amennyiben ezt a feltételezést nagyobb vizsgálatok alátámasztják, akkor hasznos eszközt nyerhetünk az akut stroke-betegek ellátásának rövid távú megszervezéséhez. Mindez nem állítható a szívinfarktussal kapcsolatban. Ez is alátámasztja azt a tényt, hogy az érbetegségek körébe tartozó kórképek egyes jellemzőikben jelentősen különböznek.

Irodalom

- Azevedo, E., Ribeiro, J. A., Lopes, F., Martins, R. and Barros, H., 1995, Cold: a risk factor for stroke? *Journal of Neurology* 242, 217–221.
- Bobvos, J., Fazekas, B. and Páldy, A., 2015, Assessment of heat-related mortality in Budapest from 2000 to 2010 by different indicators. *Időjárás* 119, 143–158
- Diaz, J., Jordan, J., Garcia, R., Lopez, C., Alberdi, J.C., Hernandez, E. and Otero, A., 2002: Heat waves in Madrid 1986–1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75, 163–170
- Folyovich, A., Biczó, D., Al-Muhanna, N., Béres-Molnár, A.K., Fejős, Á., Pintér, Á., Bereczki, D., Fischer, A., Vadasdi, K. and Pintér, F., 2015: Anomalous equivalent potential temperature: an atmospheric feature predicting days with higher risk for fatal outcome in acute ischemic stroke. A preliminary study. *Environmental Monitoring and Assessment* 187, 547.
- Folyovich, A., Biczó, D., Fülöp, A., Németh, Á., Breuer, H., Béres-Molnár, K.A., Varga, V., Toldi, G., and Bartholy, J., 2013a: Effect of short-term changes of air pollution on the development of acute ischemic stroke. *Journal of the Neurological Sciences*. doi:10.1016/j.jns.2013.07.788.
- Folyovich, A., Biczó, D., Fülöp, A., Németh, Á., Breuer, H., Béres-Molnár, K.A., Varga, V., Vadasdi, K., Kaszás, N. and Bartholy, J., 2013b: Role of extreme outdoor temperature in the development of acute ischaemic stroke. *Journal of Neurology* 260(Suppl 1), S82.
- Folyovich, A., Biczó, D., Fülöp, A., Németh, Á., Breuer, H., Béres-Molnár, K.A., Varga, V., Vadasdi, K. and Toldi, G., 2014: The role of meteorological fronts in the outcome of acute ischemic stroke. *Cerebrovascular Diseases* 37(Suppl 1), 595.
- Holton, J. R., 2004: An introduction to dynamical meteorology. A new risk factor in ischemic stroke mortality. *Seattle: Academic Press*.
- Hong, Y. C., Lee, J. T., Kim, H., and Kwon, H. J., 2002: Air pollution: a new risk factor in ischemic stroke mortality *Stroke* 33, 2165–2169.
- Huynen, M. M. T. E., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P., and Kunst, A. E., 2001: The impact of heatwaves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives* 109, 463–470.
- Jimenez-Conde, J., Ois, A., Gomis, M., Rodriguez-Campello, A., Cuadrado-Godia, E., Subirana, I. and Roquer, J., 2008: Weather as a trigger of stroke. Daily meteorological factors and incidence of stroke subtypes. *Cerebrovascular Diseases* 26, 348–354.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A.L., Monopoli, Y., Rossi, G., Zmirou, D., Ballester, F., Boumghar, A., Anderson, H.R., Wojtyniak, B., Paldy, A., Braunstein, R., Pekkanen, J., Schindler, C. and Schwartz, J., 2001: Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 12, 521–531.
- Kettunen, J., Lanki, T., Tiittanen, P., Aalto, P. P., Koskentalo, T., Kulmala, M., Salomaa, V. and Pekkanen, J., 2007: Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels *Stroke* 38, 918–922.
- McArthur, K., Dawson, J. and Walters, M., 2010: What is it with the weather and stroke? *Expert Review of Neurotherapeutics* 10(2), 243–249.
- Robine, J.M., Cheung, S.L., Le Roy, S., Van Oyen, H. and Herrmann, F.R., 2005: Report on excess mortality in Europe during summer 2003. http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action12005_a2_15_en.pdf Accessed 7 December 2014.
- Samet, J.M., Dominici, F., Currier, F. C., Coursac, I. and Zeger, S. L., 2000: Fine particulate air pollution and mortality in 20US cities, 1987–1994. *The New England Journal of Medicine* 343, 1742–1749.

A ZIVATARCELLA AZONOSÍTÓ ÉS KÖVETŐ MÓDSZEREK ALAPPILLÉREI

THE BASICS OF THUNDERSTORM IDENTIFICATION AND TRACKING METHODS

Megyeri Otília Anna

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter stny. 1/A, *otilie3@gmail.com*

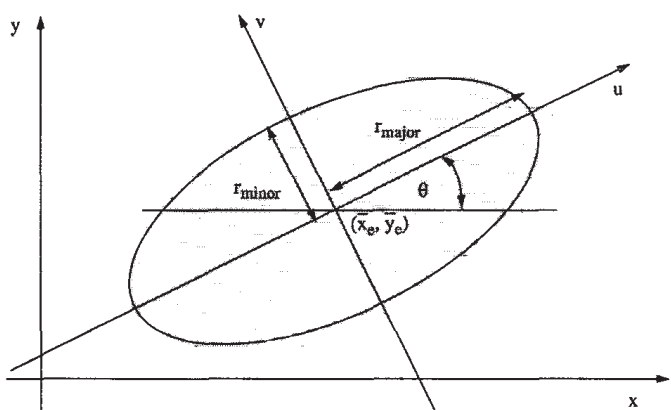
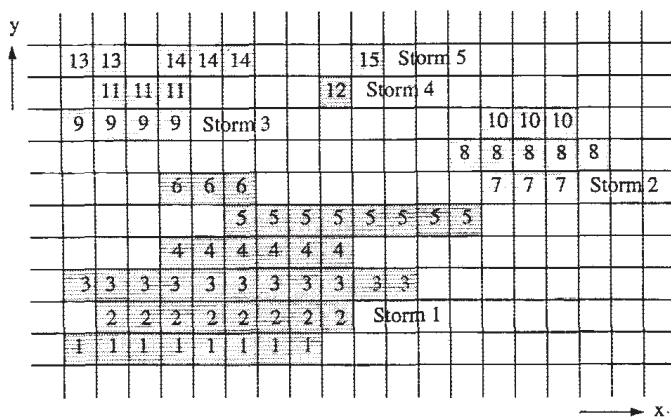
Összefoglalás. A zivatarkövetés mindig fontos volt a meteorológiában. Ez többnyire radar méréseken alapuló algoritmusok használatával lehetséges, melyeket nowcasting rendszerekbe építenek be. Az alábbiakban röviden áttekintjük a nemzetközi és hazai gyakorlatban legtöbbször használt, legismertebb radar alapú algoritmusokat.

Abstract. Thunderstorm identification and tracking has always been important in the meteorology. These procedures are often based on algorithms constructed for analysing weather radar measurements for nowcasting purposes. The paper shortly reviews the most common and well-known methods, which are used in both international and national practice.

Bevezetés. A heves konvektív légköri képződmények mindig nagy kihívást jelentenek az előrejelzők számára, nyomon követésük kulcsfontosságú az emberi életék, természeti kincsek és az anyagi javak megőrzésében. Az első radar adatokon alapuló algoritmust 1953-ban fejlesztették ki a csapadékgócok követéséhez, amelyben extrapolációval végeztek pozíció előrejelzést (Ligda, 1953). Ahogy egyre fontosabb lett az előrejelzések pontosítása, úgy fejlődtek a zivatarkövető algoritmusok is (Crane, 1979; Rosenfeld, 1987; Chen és Kavvas, 1992; Dixon és Wiener, 1993). A radar adatokon alapuló algoritmusok esetében kétféle adatformát különböztetünk meg: a nyers- és a kompozit radar adatokat. A radar több magassági szögön körbeforogva regisztrálja a reflektivitási értékeket, ami egy 3D-s képet eredményez. Ha ezen a képen pixelenként kiválasztjuk az oszlopban található

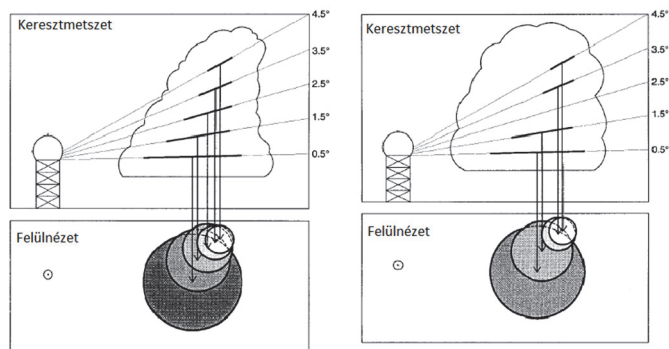
maximális reflektivitási értéket, megkapjuk a 2D-s kompozit radar képet. A cella-azonosítás során olyan területeket, területelemeket keresünk egy radarképen, melyek reflektivitása meghalad egy adott küszöbértéket. Az egyes algoritmusok mind a küszöbértékek nagyságában és számában, mind a viharcella pontos definiálásában eltérnek egymástól. Ezek után a cella időbeni követése a feladat, melynek során két vagy több egymás utáni radarmérést hasonlítunk össze. A két lépés közül a követés a nehezebb feladat. A cellák elkülönítésére, összeolvadásai, avagy szétválásai követésére mindegyik módszer egyedi megoldást javasol. Az alábbiakban ezeket röviden ismertetjük.

TITAN (Thunderstorm Identification, Tracking Analysis and Nowcasting). A TITAN a legismertebb zivatarcella felismerő és -követő módszer (Dixon és Wiener, 1993), melyet, vagy annak továbbfejlesztett változatát világszerte alkalmazzák a gyakorlatban, így a hazai meteorológiai elemzésekben is (Horváth et al., 2008; Seres 2015; Seres és Horváth, 2015; Mona et al., 2016). Ezt az eljárást eredetileg nyers, 3D-os radar adatok felhasználására tervezték, de a számítások egyszerűsítése miatt e nyers adatokból először kompozit radarképeket szerkesztenek. Magát a cellát egy olyan egybefüggő területként jellemezzük, ahol a reflektivitás értékek meghaladnak egy adott küszöbértéket (1.a ábra). A cella alakját ezután ellipszissel közelítjük, melynek alapvető tulajdonságait (méret, reflektivitással súlyozott középpont, a fő- és melléktengelyek hossza, illetve a főtengely és a koordináta rendszer által bezárt szög) könnyen kiszámíthatjuk (1.b ábra). Értelmszerűen egy időlépcsőben több cella is lehet, és ezeket követjük időlépcsőről időlépcsőre. A követés gyakorlatilag két egymás utáni időlépcsőben detektált cella párosítását jelenti. Kiemelendő, hogy a párosított cellák mindig hasonló karakterisztikával (méret, alak... stb.) rendelkeznek. A párosítást úgy végezzük, hogy a párosított cellák minél hasonlóbbak és minél közelebb legyenek egymáshoz. Az ilyen módon történő cellapárosítással megkapjuk a cellák útvonalait. A TITAN a választott küszöbértékek miatt sokszor elnagyoltan kezeli az egymáshoz közeli cellák azonosítását és mozgását, így az összeolvadó és szétváló cellákét is. Ezekben az esetekben pozíció előrejelzést készítünk egy adott időpillanatban azonosított vihar(ok)ra és ha ez egybeesik a párosítással kapott pozícióval, kijelenthetjük, hogy valóban összeolvadás, vagy szétválás következett be.

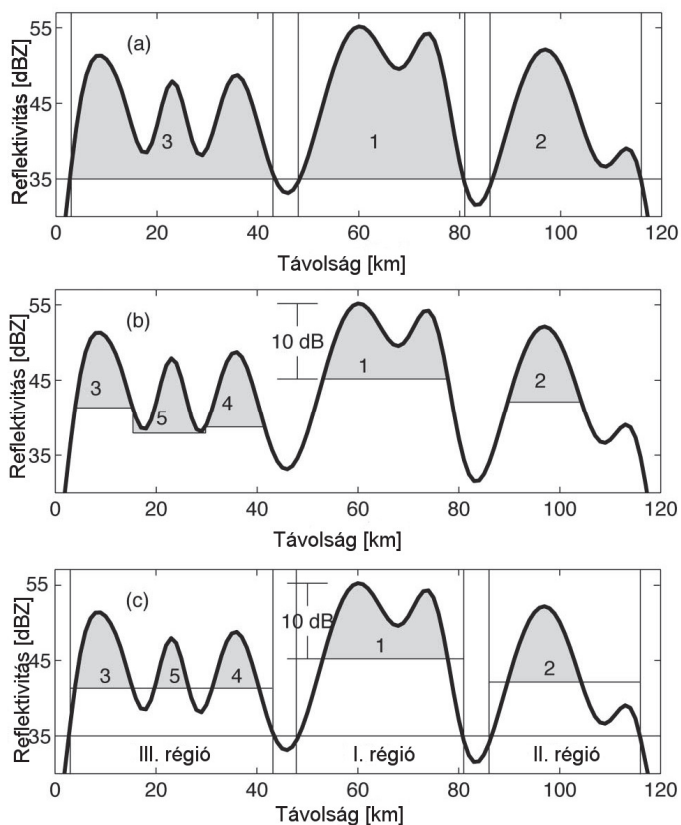


1. ábra: (a – felül) Példa összefüggő pixelsorokra, ahol a detektált reflektivitás a T_z küszöb fölött van (szürke területek), (b – alul) az ellipszis jellemzői (Dixon és Wiener, 1993)

SCIT (Storm Cell Identification and Tracking). A TITAN hátrányát javítandó *Johnson et al.* (1998) egy háromdimenziós cella-azonosító és követő módszert fejleszt



2. ábra: (a) A 3D vihar cella keresztmetszete és a viharterületek vertikális helyzete felülnézetből, (b) a 3D vihar cella keresztmetszete vertikális réssel (pl. adathiány) és a viharterületek vertikális helyzete felülnézetből (*Johnson et al.*, 1998).



3. ábra: A cellaazonosítás módjai, a küszöbértékek használata: (a) dBZ_{limit} (35 dBZ), csapadékrégiók azonosítása cellaként (3 db cella) (b) $dBZ_{limit} + dBZ_{diff}$ (10 dBZ), intenzív cellamagok azonosítása cellaként (5 db cella) (c) Régiókra bontás + $dBZ_{limit} + dBZ_{diff}$, intenzív cellák azonosítása a legintenzívebb cella alsó határa alapján (5 db kisebb cella; *Handwerker*, 2002).

tettek ki. A háromdimenziós radar adatokból (2.a ábra) csak a környezeti zajokat és egyéb mérési hibákat szűrték ki. Láthatjuk, hogy az idealizált cellaazonosítást bemutató ábrán a megfigyelés öt magassági szögön zajlik. A cellaazonosításhoz mindegyik magassági szögön hét különböző reflektivitási küszöbértéket használnak, szemben a TITAN módszerével, ahol mindössze egy küszöbérték használatos. A hét küszöbérték alapján beazonosítjuk a viharterületet (terjedelmi okok miatt ezt az eljárást itt nem fogjuk részle-

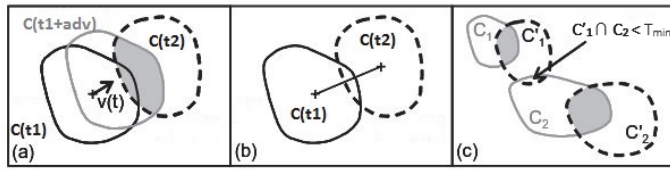
tezni), ami látható a 2.a. ábrán is, ahol az adott magassági szögekhez tartozó viharterületeket a nyilak jelölik. E viharterületek területi elrendeződése megadja a vihar horizontális vetületét (2.a ábra bal alsó része), azaz a cellát. Egy-máshoz közeli cellák egynek tekintendők, ha nem rendelkeznek különálló vihar-területekkel ugyanazon magassági szögön, illetve a cellák középpontjai horizontálisan és vertikálisan is adott távolságon belül vannak. Amennyiben az azonosítási folyamat túl sok egymáshoz közeli cellát azonosít, az algoritmus csak az erősebb, nagyobb cellákat használja fel a további számításokhoz. A vihar követéséhez két, időben egymást követő cellát párosítunk össze. A párosításhoz természetesen itt is szükség van a reflektivitással súlyozott középpontra, melynek következő időpillanatbeli pozíciójára egy becslést adunk meg. Ezután megnézzük, hogy a detektált cellák középpontja milyen távolságra esik a becslött pozíciótól és a legközelebbit rendeljük a vizsgált cellához. A párosítások elvégzése után a program kiszámítja a cella tulajdonságait és karakterisztikáit.

TRACE3D. A módszer nyers radar adatokat használ (*Handwerker*, 2002). A korábbi algoritmusoknál a cellát egy olyan összefüggő területként (térfogatként) definiáltuk, mely egy adott küszöbértéket meghaladó pixelek csoportja (3.a ábra). Mint azt láhattuk, ebben az esetben nagyon nehéz egymástól elkülöníteni a szomszédos, közeli cellákat, azonban kiválóan alkalmas intenzív csapadékrégiók meghatározására (3.c ábra). Ezeken belül további cellamagokat különíthetünk el egymástól adaptív küszöbérték bevezetésével (3.b ábra), amit a program minden egyes cella adott fejlettségi állapotának megfelelően határoz meg. Ehhez megkeressük a csapadékrégiókban a maximális reflektivitás értékeket (dBZ_{max}) és alkalmazunk egy dBZ_{diff} különbség küszöböt (itt: 10 dBZ), ahol a dBZ_{max} és a dBZ_{diff} különbsége nem lehet kisebb, mint egy meghatározott minimum (dBZ_{limit} , itt: 35 dBZ, 3.b ábra). Ez garantálja, hogy csak a valóban intenzív cellamagokat azonosítjuk. Ezt tovább pontosítja, hogy egy adott csapadékrégióon belül minden cella határát a legintenzívebb cella $dBZ_{max} - dBZ_{diff}$ értékénél húzzuk meg (3.c ábra). Miután a program kiszámolta a detektált cellák tulajdonságait (pl. középpont), a számított mozgásvektor alapján becslést készítünk a középpontjának t_2 -beli pozíciójára, mely köré egy r sugarú kört húzzunk. A t_1 -beli cella valódi, t_2 -ben detektált párját a húzott körön belül fogjuk megtalálni, értelemszerűen a legrövidebb távolság alapján.

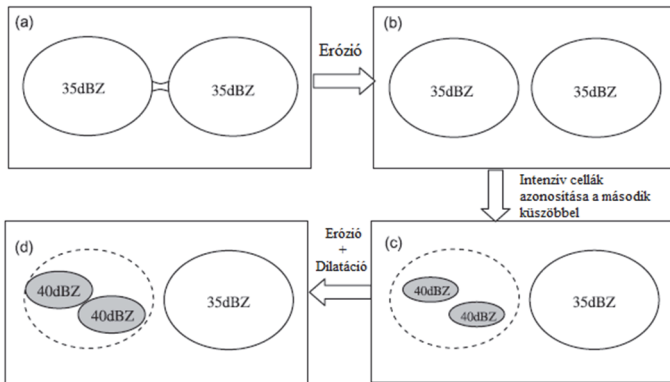
TRT (Thunderstorm Radar Tracking). A TRT módszer kompozit radar adatokat használ fel egy szigorú, létepcsős szűrést követően, ami így pontosabb előrejelzést tett lehetővé az Alpokban (*Hering et al.*, 2004). A cellaazonosítás menete hasonló, mint az előző módszernél: a cella magok azonosítása csapadékrégiókon belül történik adaptív küszöbök használatával. A cellakövetési módszer azonban – az előző algoritmusokat tekintve – új koncepciót mutat. A t_1 -ben detektált cella számított mozgási sebessége alapján becslést készítünk a t_2 -beli pozíciójára. Ezután megvizsgáljuk a t_2 -ben ténylegesen detektált cella és a t_2 -beli becslött cella átfedésének mértékét (4.a ábra).

Amennyiben ez meghalad egy előre beállított értéket, a t_1 -ben és t_2 -ben detektált cella párosítása megtörtént (4.b

ún. pszeudopixelet (fiktív, elméleti pixeleket) adunk megfelelő átfedési nagyság eléréséhez.



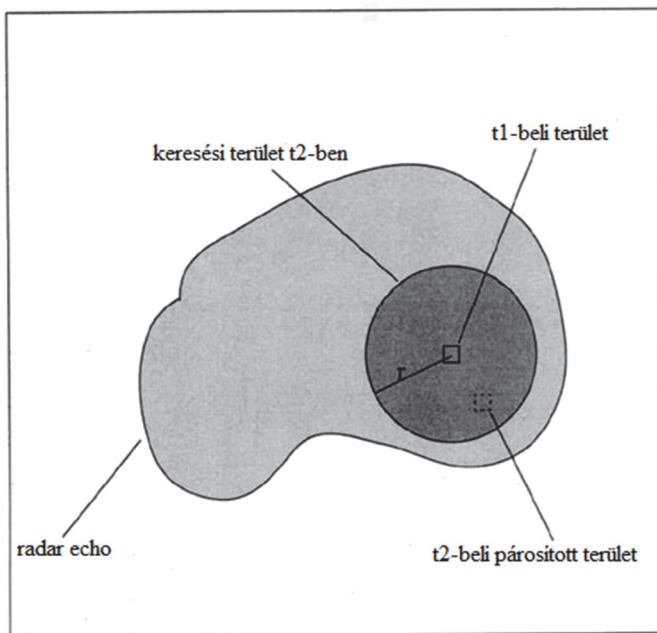
4. ábra: (a)(b) Cellák párosítása t_1 és t_2 időlépcső között. $C(t_1)$ jelöli a t_1 -beli cellát, $C(t+adv)$ a sebesség vektor segítségével kiszámolt becült pozíció t_2 -ben, $C(t_2)$ a t_2 -ben azonosított cella. A (b) ábrán látható „+” a cella középpontját jelöli, (c) a két időlépcsőbeli cellaterületek legnagyobb átfedése határozza meg a cella igazi t_2 -beli párját. (Hering et al., 2004).



5. ábra: (a) Tévesen detektált összeolvadás (b) az eróziós módszert alkalmazva megkapjuk a két különálló cellát, (c) a második küszöböt használva mindkét cellában elkülönülnek az intenzív cellamagok, (d) megnöveljük a kapott cellamagokat az eredetileg detektált cella határáig, így megkapjuk az intenzív kis cellákat. (Han et al., 2009)

ETITAN (Enhanced TITAN). Ez a módszer a TITAN-ban használt matematikai eljárásra épít, amit pontosítottak a közeli és összeolvadó cellák azonosítása érdekében (Han et al., 2009). Az azonosítási eljárás már ismert: meghatározunk egy adott reflektivitási küszöböt meghaladó összefüggő pixelsort, majd ezeket szomszédosság alapján csoportokba rendezzük. Ezt minden magassági szögön elvégezzük és egy háromdimenziós képet kapunk a celláról, melynek kompozit vetületével dolgozunk tovább. A következő lépésben a látszólag egybeolvadt cellákat különálló cellákra bontjuk (5.a és b ábra). Az így kapott kisebb cellákra (5.b. ábra két cellája) egy újabb, magasabb küszöbértéket definiálunk, hogy azonosítsuk a cella magokat (5.c ábra baloldali cella). Ezt az eljárást további küszöb értékekkel is bővíthetjük az intenzitástól függően. Az utolsó lépésben az azonosított cella magok az eredeti cella határáig tágítandók (5.d ábra). A követési algoritmus részben megegyezik a TRT-nél megismert átfedések technikával, azonban ha az átfedés nem éri el a beállított határértéket, azaz, nem talál párt az eredeti cellának, a párosítást a TITAN módszernél megismert elvek alapján végzi el, azzal az eltéréssel, hogy a cella elmozdulási vektorának sebessége maximális legyen. További érdekesség, hogy a mozgásvektor helyes meghatározásához kereszt-korrelációt is alkalmaz, melynek lényegét az alább következő módszernél mutatjuk meg.

COTREC (COntinuity of TREC vectors). A program a TREC (Trecking Radar Echoes by Correlation, Rinehart és Garvey, 1978) algoritmus egy továbbfejlesztett változata, mely korrigálja a sebességmező radar mérésekből fakadó hibáit (Li et al., 1995). A korábban bemutatott cellakövető módszerekkel ellentétben ez ún. területkövető technika és a Doppler-mérésekből származó szél adatokat is felhasználja. A módszerben nem azonosítjuk a teljes zivatarcellát, hanem egy adott reflektivitási küszöbvel detektált radar echón belül kijelölünk több, egymástól bizonyos távolságra lévő, adott nagyságú területet. Ezt elvégezve a t_1 és t_2 időpillanatokra, majd párosítva a két területet minden módon, minden párra kiszámoljuk a reflektivitásaik korrelációs együtthatóit. A számítási igény csökkenthető a t_1 -beli területek köré húzott r sugarú körrel (6. ábra), melyen belül keresendő t_2 -beli párjuk. Azok a párosok lesznek az igaziak, melyek korrelációs együtthatója a legnagyobb. Ezután interpolálással megadhatjuk a terület mozgásvektor mezőjét. Abban az esetben, amikor a mérésből fakadóan hiányos, üres terület jelenik meg az echo-n belül, a szomszédos mozgásvektorokból számoljuk a területre jellemző mozgásvektort. A területnövekedés és -csökkenés esetén előfordulhat, hogy a program nem talál párt a t_1 -beli vagy t_2 -beli területnek, mert az nem éri el a reflektivitási küszöböt. Ekkor kiszámoljuk a lehetséges párok közötti átlagos reflektivitás-különbséget, és a küszöb alatti területet a t_1 vagy t_2 -beli COTREC vektormezővel jellemezzük. A pozitív értékű reflektivitás-különbséggel rendelkező területek a vihar erősödését jelzik, a negatív értékkel rendelkezők a vihar gyengülését.



6. ábra: A t_1 -beli terület párosítása t_2 -beli helyzetével. (Li et al., 1995)

ábra). Többcellás esetben mindig a nagyobb átfedéssel rendelkező páros határozza meg a t_1 -beli cella párját (4.c ábra). Összeolvadásnál és szétválásnál a kis cellákhoz

Összefoglalás. Leírásunkban a módszereket a bemenő adatok típusa szerint különböztetjük meg, azaz aszerint, hogy nyers vagy kompozit radar képet használnak-e (1. táblázat). Az előbbi csoportba a COTREC, a SCIT és a TRACE3D algoritmusok, míg az utóbbiba a TITAN, a TRT és az ETITAN tartoznak. A legtöbb algoritmus a reflektivitási küszöb(ke)t elért területeket definiálja cellaként, ezzel szemben a TRACE3D és a TRT az azonosítási folyamatban csapadék régiókat keres, és ezen belül definiálják a követendő cellamagot. A COTREC egyértelműen kivétel, hiszen – területkövető módszerként – nem definiálja a cellát. A használt küszöbértékek tekintetében kiemelhetjük a TITAN-t és az ETITAN-t: az előbbi az egyetlen algoritmus, mely csupán egy küszöbértéket használ a cellák azonosításához, az utóbbi pedig abban különleges, hogy minden cellánál egyedileg kerül megállapításra a használt küszöbök száma és értéke. A bemutatott cellaazonosító algoritmusok egyetlen közös nevezője az, hogy területi és/vagy térfogati minimumot határoznak meg, elkerülendő a nagyon kicsi, vagy téves cellák követését. A módszerek közül kizárólag a TITAN és annak továbbfejlesztett változata (ETITAN) használ egy szabá-

Irodalom

- Chen, Z. Q. and Kavvas, M. L., 1992: An Automated Method for Representing, Tracking and Forecasting Rain Fields of Severe Storms by Doppler Weather Radars. *J. Hydrol.* 132, 179–200.
- Crane, R. K., 1979: Automatic Cell Detection and Tracking. *IEEE T. Geosci. Electronics GE-17*, 250–261.
- Dixon, M., and Wiener, G., 1993: TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis, and Nowcasting – A Radar-based Methodology. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 10, 785–797.
- Han, L., Fu, S., Zhao, L., Zheng, Y., Wang, H. and Lin, Y., 2009: 3D Convective Storm Identification, Tracking, and Forecasting – An Enhanced TITAN Algorithm. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 26, 719–732.
- Handwerker, J., 2002: Cell tracking with TRACE3D – a new algorithm. *Atmospheric Research* 61, 15–34.
- Hering, A. M., Morel, C., Galli, G., Sényi, S., Ambrosetti, P. and Boscacci, M., 2004: Nowcasting thunderstorms in the Alpine region using a radar based adaptive thresholding scheme. *Proceedings of ERAD* 206–211.
- Horváth, Á., Ács, F. and Seres, A. T., 2008: Thunderstorm climatology analysis in Hungary using radar observations. *Időjárás* 112, 1–13.
- Johnson, J. T., MacKeen, P. L., Witt, A., DeWayne Mitchell, E., Stumpf, G. J., Eilts, M. D., Thomas, K. W., 1998: The Storm Cell Identification and Tracking Algorithm: An Enhanced WSR-88D Algorithm. *Weather and Forecasting* 13, 263–276.

1. táblázat. A radar alapú zivatarcella követő algoritmusok jellemzőinek összehasonlítása. (Megyeri, 2015)

Módszer neve	Input adatok		Cellaazonosítás					Cellakövetés										
	Kompozit	Nyers	Reflektivitási küszöbök száma	Csapadék régiókra bontás	Reflektivitási max. keresése	Terület minimum	Követés típusa	Cella alakja		Számított értékek			Párosítás					
							Cella követő	Terület követő	Ellipszis	Szabálytalan	Középpont	Mozgás vektor	r keresési sugár	Kombinatorikai optimalizáció	Kereszt-korreláció	Átfedés nagysága	Legrövidebb út	
TITAN			1															
TREC/COTREC			nem definiálja a cellát															
SCIT			7															
TRT			3															
TRACE3D			2															
ETITAN			i															

lyos formát (ellipszist) a zivatarcellák alakjának közelítésére, a többi módszer egy szabálytalan radar echót azonosít cellaként. A reflektivitással súlyozott középpont számítása mindkét esetben kulcsfontosságú. A további lépések alapeleme a mozgásvektor kiszámítása, mely a vihar korábbi elmozdulásából számítható ki, illetve különféle statisztikai becslésekkel adható meg. Párkeresés-kor a COTREC és a TRACE3D keresési sugár bevezetésével szűkíti le a vizsgálandó terület nagyságát. A párosításban több átfedés is van a módszerek között. A TITAN kombinatorikai optimalizációt, míg a COTREC kereszt-korrelációt használ a megfelelő pár megtalálásához. A TRT az átfedés nagysága alapján dönt. Az ETITAN erőssége, hogy mindhárom módszert felhasználja a pontos előrejelzés érdekében. Ezen felül minden módszer a két időpillanat közötti legrövidebb útvonalat tekinti megfelelőnek. A növekedés és a leépülés, illetve a nagyon közeli szomszédos cellák azonosítására, követésére minden algoritmus egyedileg próbált megoldást találni, e jelenségek azonban továbbra is bizonytalanságokat okozhatnak a nowcasting során.

- Li, L., Schmid, W. and Joss, J., 1994: Nowcasting of Motion and Growth of Precipitation with Radar over a Complex Orography. *J. Applied Meteorology* 34, 1286–1300.
- Ligda, M. G. H., 1953: The horizontal motion of small precipitation areas as observed by radar. *PhD thesis, (Wea. Radar. Res., Tech. Rep. 21.), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA*
- Megyeri, O. A., 2015: Zivatarcellák mozgásának és fejlődésének nyomkövetési módszerei. *BSc szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest*, pp. 36
- Mona, T., Horváth, Á. and Ács, F., 2016: A thunderstorm cell-lightening activity analysis: The new concept of air mass catchment. *Atmospheric Research* 169, 340–344.
- Rinehart, R. E. and Garvey, E. T., 1978: Three-dimensional storm motion detection by conventional weather radar. *Nature* 273, 287–289.
- Rosenfeld, D., 1987.: Objective Method for Analysis and Tracking of Convective Cells as seen by Radar, *J. Atmos. Ocean. Techn.* 4, 422–434.
- Seres, A. T., 2014: Zivatar-klimatológiai elemzések és a nagy csapadékhozamú, konvektív jelenségek, időszakok vizsgálata Magyarországon. *Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest*, pp. 115
- Seres, A. T. and Horváth, Á., 2015: Thunderstorm climatology in Hungary using Doppler radar data. *Időjárás* 119, 185–196.

**AZ ÉVI CSAPADÉKELOSZLÁS VÁLTOZÁSÁNAK ELEMZÉSE INDIKÁTOR-
ANALÍZISSEL A SOPRONI BORVIDÉKRE VONATKOZÓAN AZ 1957–2016-OS
IDŐSZAKBAN RÖGZÍTETT NAPI ADATOK ALAPJÁN**
**ANALYSIS OF THE CHANGE IN THE ANNUAL PRECIPITATION DISTRIBUTION
BY INDICATOR ANALYSIS FOR THE WINE-GROWING REGION OF
SOPRON BASED ON DAILY DATA COLLECTED IN THE 1957–2016 PERIOD**

Füzi Tamás¹, Mesterházy Ildikó¹, Bozó László^{1,2}, Ladányi Márta¹

¹Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, 1118 Budapest, Villányi út 29–43, tamas.fuzi@hallgato.uni-szie.hu, mesterhazy.ildiko@phd.uni-szie.hu, ladanyi.marta@kertk.szie.hu

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., bozo.l@met.hu

Összefoglalás. A csapadékeloszlás szélsőségeit vizsgáltuk a soproni borvidék területén. Elemeztük a szőlő termesztésében meghatározó szerepet játszó nyugalmi állapot során mért csapadék alakulását, a szőlő növekedés utolsó hónapjaiban (júniusban és júliusban) megfigyelhető csapadékösszegek mértékét, valamint az április 1-je és augusztus 15-e közötti egybefüggő aszályos időszakok hosszát. Vizsgálataink szerint a csapadék lényegesen nagyobb időbeli változékonysággal és kevésbé határozott időbeli változási trendekkel jellemezhető, így a csapadékösszegek szélsőséges alakulását, előrejelzését illetően jóval nagyobb a bizonytalanság, mint a hőmérséklet esetében. A vizsgált csapadékeloszlásra vonatkozó indikátorok egy részének változása statisztikailag nem bizonyult szignifikánsnak, de az időbeli tendenciák jelzésértékűek. A változó változásokhoz való alkalmazkodás a kedvezőtlen hatások elleni védekezés mellett az esetlegesen kedvezőbb éghajlati adottságok jobb kihasználását is jelenti.

Abstract. The extreme distribution of precipitation was investigated for Sopron Vine Region. Our research analysed the precipitation amount accumulated during dormancy playing a determining role in the production of grape, as well as the variation of precipitation amount during the last months of grape growth (June and July) and the length of unbroken drought period between 1 April and 15. It can be observed that the rainfall has large temporal variation and a less significant temporal trend, so the evolution of extreme precipitation events can be predicted with much more uncertainty as compared to the case of temperature. A part of indicators related to precipitation distribution indicators did not prove to be statistically significant, but the temporal trends are indicative and informative. Adaptation to the outlined changes, besides the measures against unfavourable effects, means a better use of more favourable climatological conditions.

Bevezetés. A klimatikus rendszer megváltozása, az időjárási jelenségek egyre szélsőségebbé válása a gazdasági vagyoni előállításának sikerességét döntően befolyásolja. Nincs ez másképp a szőlészet-borászat területén sem. Tanulmányunkban elsősorban a szélsőséges csapadékeloszlási adatok feldolgozását céloztuk meg. Elemzéseink tárgyául a szőlő termesztésében meghatározó szerepet játszó, a november és március hónapok közötti, azaz a nyugalmi állapot során felhalmozható csapadékmennyiség alakulását, a szőlő jellegzetes fenológiai fázisának, a növekedés szakaszának utolsó hónapjaiban (júniusban és júliusban) megfigyelhető csapadékösszegek alakulását, valamint az április 1-je és augusztus 15-e közötti egybefüggő aszályos időszakok hosszát választottuk. A fenti csapadékindikátorok hatásaikban érinthetik a szőlő rügyfakadását, virágzását, kötődését, növekedését és zsendülését is. Elemzéseinket a Soproni borvidékre végeztük, a vizsgált időablaknak az elmúlt 60 évet (1957–2016) választottuk, ezen belül összehasonlítást végeztünk az 1961–1990-es (referencia), valamint az 1991–2016-os időszakra. Mivel a szőlőfajták az optimális minőségi-mennyiségi elvárásoknak megfelelően jobbra egy viszonylag szűk területen – jellemző éghajlati körülmények között – természetűek, a klimatikus indikátorok változásai a termés minőségi-mennyiségi, illetve a termékkel kapcsolatos gazdasági kockázat alapját képezik, ezért szükséges becslőnk az éghajlat egyes komponenseit, azok változásait széles körben elfogadott éghajlati indikátorokkal.

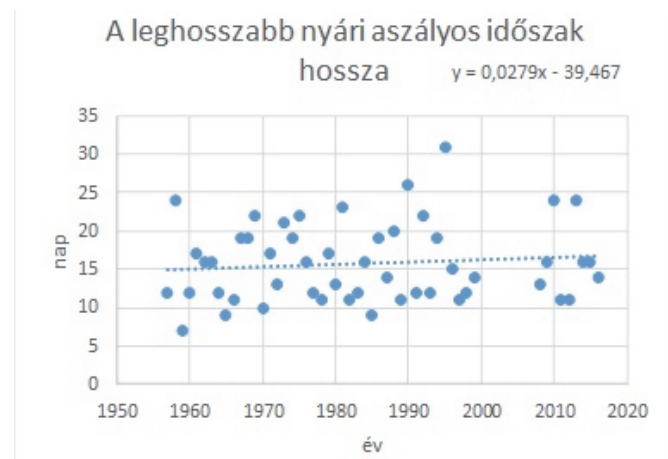
Irodalmi áttekintés. A klimatikus rendszer évszázadok óta mutat változásokat, melyek az ipari forradalom kirobbanását követően – részben az ember környezetterhelő tevékenységéből eredeztethetően – melegebbé, és ezzel párhuzamosan egyre szélsőségebb jelenségeket mutatnak. A szőlőtermesztés számára kedvező klímának vetett véget a

14. században bekövetkezett „kis jégkorszak”, ami lényegében a 19. század végéig tartott. Ezután ismét a melegebb éghajlat tette kedvezőbbé a szőlőtermesztést. Az ipari forradalmat követően a megnövekedett légköri szén-dioxid koncentráció tovább növelte a Föld átlaghőmérsékletét, mely napjainkban is folytatódik (*Zanathy*, 2008). Az Európai Unió „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” című Zöld Könyve szerint (2007, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/hu/com/2007/com2007_0354hu01.pdf) Magyarország a legsérülékenyebb régió határán, a Kárpát-medencében, a nedves óceáni, a száraz kontinentális és a nyáron száraz, télen nedves mediterrán éghajlati régiók határán helyezkedik el (*Harnos et al.*, 2008). E határzónában az éghajlati övek akár kismértékű eltolódása is oda vezethet, hogy a Kárpát-medence „átcsúszik” a három hatás valamelyikének egyértelmű uralma alá (*Szász és Tőkei*, 1997). A 2007-es ENSZ-jelentés szerint Magyarország a klímaváltozás természeti sokszínűségre gyakorolt hatása szempontjából a világ egyik legsérülékenyebb állama. *SEG* (2007) és *Harnos et al.*, (2008) szerint a globális felmelegedésnek Magyarországra nézve elsősorban a nagyobb szárazság és az édesvízkészletek relatív hiánya miatt lehetnek negatív következményei. Kedvezőtlen, hogy a kevés csapadék is egyenetlenebbül oszlik el. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén a század utolsó harmadára futtatott klímamodellek az 1961–1990-es időszakhoz képest többek között az alábbi Magyarországon várható változásokra hívják fel a figyelmünket (*Bartholy et al.*, 2004):

- növekvő középhőmérséklet: nyáron akár 4–5 °C-os is, de több mint 2,5–3 °C-kal minden évszakban és régióban;
- téli-tavaszi csapadéknövekedés: akár 30%-ot is meghaladóan, nyári-őszi csapadékesőkenés: 20–30%-os mértékben;

– évente 140–150 napos 25 °C feletti napi maximum hőmérséklet.

Ezt igazolják *Anda* (2005) vizsgálatai is, melyek szerint a globális felmelegedés egyik várható következménye a hidrológiai ciklus folyamatainak, a víz körforgásának megváltozása. Magyarországon a hótakarós napok számának csökkenését, valamint a magasabb hőmérséklet következtében növekedő potenciális növényi evapotranspirációt is előrevetítik (*Anda*, 2005). Olasz kutatási eredmények szerint a csapadék csökkenése a csapadékos napok számának csökkenésével is együtt jár, mivel a csapadék intenzitása növekedő tendenciát mutat. Továbbá, növekvő tendencia figyelhető meg az intenzív csapadékos események és a hosszú, száraz időszakok irányában is (*Brunetti et al.*, 2004). Egy ilyen változás azért jelent kockázatot, mert a ritkább, de alkalmanként több csapadékot eredményező meteorológiai esemény szélsőségesebb és kevésbé hasznosítható vízbevételt jelent. Magyarország területén mind az évi összegben, mind az évszakai összegekben csapadékcsökkenésre számíthatunk a XXI. század közepére. Az évszakok közül a várható szárazodás mértéke tavasszal lesz a legnagyobb, míg nyáron a legkisebb (*Bartholy et al.*, 2010). A 2016-os év volt az eddig vizsgált legmelegebb esztendő a Földön az elmúlt közel másfél évszázadban, amivel a Kárpát-medencében az előre jósolt 1,1 °C-os hőmérséklet-emelkedési szintet elértük (*URL¹*). A hőmérséklet emelkedésével együtt fellépő csapadékmennyiség-csökkenés, illetve a csapadék szezonális eloszlásának megváltozása egymás hatását felerősíti. Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a csapadékeloszlásban bekövetkezett változások az elmúlt 60 évben mennyire érintették a Soproni borvidéket.



1. ábra: A leghosszabb nyári aszályos időszak (nap) 1957–2016-os időszakban a Soproni borvidéken

tunk a XXI. század közepére. Az évszakok közül a várható szárazodás mértéke tavasszal lesz a legnagyobb, míg nyáron a legkisebb (*Bartholy et al.*, 2010). A 2016-os év volt az eddig vizsgált legmelegebb esztendő a Földön az elmúlt közel másfél évszázadban, amivel a Kárpát-medencében az előre jósolt 1,1 °C-os hőmérséklet-emelkedési szintet elértük (*URL¹*). A hőmérséklet emelkedésével együtt fellépő csapadékmennyiség-csökkenés, illetve a csapadék szezonális eloszlásának megváltozása egymás hatását felerősíti. Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a csapadékeloszlásban bekövetkezett változások az elmúlt 60 évben mennyire érintették a Soproni borvidéket.

Anyag és módszer. A vizsgálataink elvégzéséhez szükséges napi csapadékatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat biztosította. Az adatok az 1957–2016 közötti időszakra vonatkoznak, de a sor nem teljes, a 2000. április 1-je és 2007. május 31-e közötti időszakra nem vetünk figyelembe csapadékatokat.

Kutatásunk során az alábbi három indikátort állítottuk elő minden évre vonatkozóan:

– a leghosszabb nyári aszályos időszak hossza (nap): április 1. és augusztus 15. között a leghosszabb egybefüggő időszak, mely során a napi csapadékösszeg 1 mm-nél kisebb;

– a téli csapadékösszeg (mm): a november 1. és március 31. közti időszak csapadékösszege;

– a nyári csapadékösszeg (mm): a június és július hónapok csapadékösszege (*Nicholas et al.*, 1994).

Tanulmányunkban referenciaállomásként Sopront jelöltük meg, tekintettel arra, hogy Sopron városának vonzáskörzete évszázadokra visszanyúló szőlészeti és borszási hagyományokkal rendelkezik, így a borkultúrát érintő tradíciók megőrzése még inkább kihívást jelenthet az extrém időjárási jelenségek tükrében, valamint az éghajlatváltozás okozta körülmények tekintetében.

Elemzésünket a fent leírt három indikátor analízisével végeztük az alábbiak szerint:

– Az 1957–2016-os, 60 évet felölelő, az 1961–1990-es referencia-, valamint az 1991–2016 közelmúltbeli időszakban kiszámoltuk a fenti három indikátor átlagát, szórását, lineáris trendjének meredekségét, valamint ez utóbbi szignifikancia szintjét.

– Összehasonlítottuk az 1961–1990-es referencia, valamint az 1991–2016 közelmúltbeli időszak varianciáit és átlagait a Fischer-féle F-, valamint a Student-féle t-próbával.

– A paraméteres próbák normalitási feltételét az adatok ferdeségének és csúcosságának abszolútértékei alapján elfogadtuk (minden esetben ezek értéke 1 alatt volt).

Eredmények. Elemzéseink eredményeképpen az alábbi megállapításokat fogalmaztuk meg.

A leghosszabb nyári aszályos időszak, nap (1. táblázat, 1. ábra):

– lineáris trendjének meredeksége az 1957–2016-os és az 1961–1990-es időszakokban pozitív (növekedő tendenciájú), az 1991–2016-os időszakban negatív (csökkenő tendenciájú), ám egyetlen esetben sem szignifikáns ($p > 0,05$);

– átlaga és szórása is az 1991–2016-os időszakban a legnagyobb, és az 1961–1990-es időszakban a legkisebb

– 1991–2016-os és az 1961–1990 időszakoknak sem átlaga, sem a szórása nem különbözik szignifikánsan ($p > 0,05$).

A téli csapadékösszeg, mm (2. táblázat, 2. ábra):

– lineáris trendjének meredeksége mindhárom időintervallumban negatív (csökkenő tendenciájú), ám egyetlen esetben sem szignifikáns ($p > 0,05$);

– átlaga 1961–1990-es időszakban a legnagyobb, és az 1991–2016-os időszakban a legkisebb;

– szórása 1991–2016-os időszakban nagyobb, mint az 1961–1990-es időszakban, de a legkisebb a 60 évi időszakra vonatkoztatva;

– (tehát 1991–2016-os időszak téli csapadékösszegének átlaga alacsonyabb, de a szórása nagyobb, mint az azt megelőző 30 évben);

– 1991–2016-os és az 1961–1990 időszakoknak sem átlaga, sem a szórása nem különbözik szignifikánsan ($p > 0,05$).

A nyári csapadékösszeg, mm (3. táblázat, 3. ábra):

– meredeksége az 1957–2016-os és az 1991–2016-os időszakokban pozitív (növekedő tendenciájú), az 1961–1990-es időszakban negatív (csökkenő tendenciájú), tehát a 60 évi időintervallum első 30 évében csökkenő, ezután növekedő tendenciát mutatott, ám egyetlen esetben sem szignifikáns ($p > 0,05$);

1. táblázat A leghosszabb nyári aszályos időszak (nap) statisztikai mutatói az 1957–2016-os, az 1961–1990-es, valamint az 1991–2016 időszakban a Soproni borvidéken, továbbá az 1961–1990-es és az 1991–2016 időszakok varianciáinak és átlagának összehasonlítása (F-próba, t-próba)

Idő-intervallum		A leghosszabb nyári aszályos időszak hossza
1961–1990	átlag (nap)	15,77
1991–2016		16,28
1957–2016		15,79
1961–1990	szórás	4,56
1991–2016		5,62
1957–2016		5,08
1961–1990	a lineáris trend mereksége	0,05 ns
1991–2016		-0,04 ns
1957–2016		0,03 ns
a varianciák összehasonlítása 1961–1990 ~ 1991–2016	F(17,29)=	1,52 ns
az átlagok összehasonlítása 1961–1990 ~ 1991–2016	t(46)=	-0,34 ns

ns: nem szignifikáns

- átlaga és szórása is az 1991-2016-os időszakban a legnagyobb, és az 1961-1990-es időszakban a legkisebb;
- 1991-2016-os és az 1961-1990 időkornak az átlaga és a szórása is szignifikánsan különbözik $p < 0,05$, illetve $p < 0,1$ szinten.

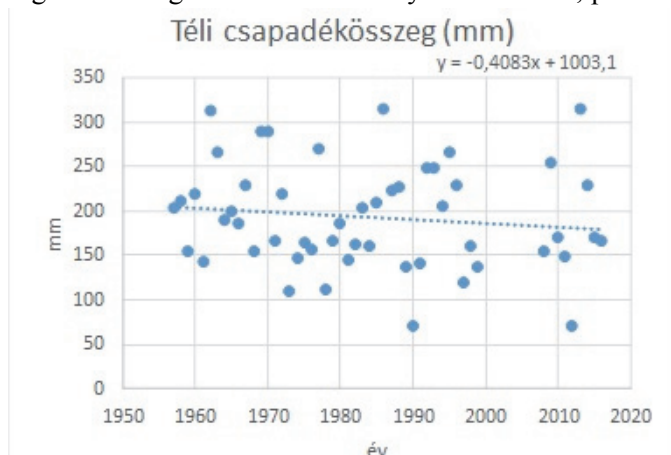
Következtetések, javaslatok. Az éghajlat olyan komplex rendszer, melynek működésére vonatkozó ismereteink még számos vonatkozásban hiányosak. Az éghajlat részben antropogén okokból történő módosulásával a klímaszcenáriók szerint ennek részeként a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának növekedésével kell számolnunk a következő évtizedekben (URL^2). A tanulmányunkban kimutatott változásokra adott válaszul a gazdáknak, a termelőknek a termesztés során egyre gyakoribb káreseményekkel kell számolniuk, melyek főként a növényvédelmi, vízgazdálkodási és agrotechnikai feladatok megoldását sürgetik. Emellett bizonyos változások, például

2. táblázat: A téli csapadékösszeg (mm) statisztikai mutatói az 1957–2016-os, az 1961–1990-es, valamint az 1991-2016 időszakban a Soproni borvidéken, továbbá az 1961–1990-es és az 1991–2016 időszakok varianciáinak és átlagának összehasonlítása (F-próba, t-próba)

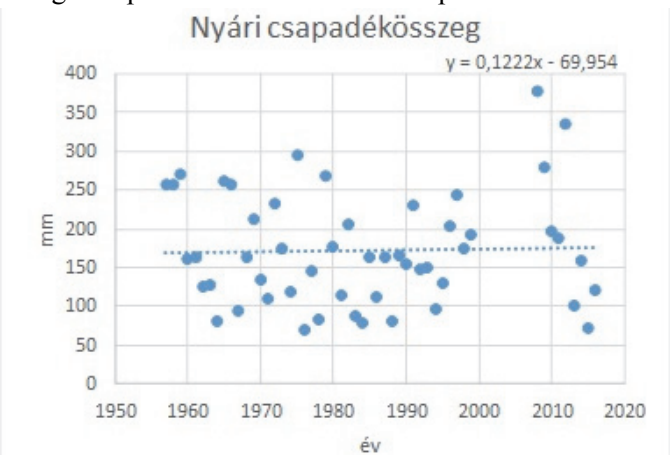
Időintervallum		Téli csapadékösszeg
1961-1990	átlag (mm)	193,75
1991-2016		190,81
1957-2016		192,99
1961-1990	szórás	61,27
1991-2016		61,58
1957-2016		58,75
1961-1990	a lineáris trend mereksége	-1,69 ns
1991-2016		-0,75 ns
1957-2016		-0,41 ns
a varianciák összehasonlítása 1961-1990 ~ 1991-2016	F(17,29)=	1,01 ns
az átlagok összehasonlítása 1961-1990 ~ 1991-2016	t(46)=	0,16 ns

ns: nem szignifikáns

az alacsony hőmérsékleti értékek gyakoriságának ritkulása révén, a kórokozók, kártevők áttelelésére gyakorolt hatásuk által, akár jelentősen új feltételeket teremthetnek a hazai mezőgazdaság több területe számára. Továbbá az utóbbi évek klimatikus változásainak hatásaként a mediterrán, illetve trópusi övezeteken honos kártevő rovarfajok is egyre nagyobb számban jelennek meg hazánkban, mely maga után vonja a növényvédelmi és agrotechnikai feladatok újragondolásának szükségességét (Horváth et al., 2016). Eredményeink a szakirodalom alapján megfogalmazható várakozásoknak megfelelően alakultak, hiszen a fentieket összefoglalva megállapítható: a közelmúltat a referencia-időzakkal összehasonlítva a nyári csapadékösszeg átlaga és szórása is szignifikánsan növekedett, azzal együtt, hogy az aszályos időszakok hossza és szórása is nőtt. Ezen változások együttes figyelembevétele azt jelenti, hogy egységnyi (rövid) idő alatt esetenként nagyobb tömegű csapadék hullott – tehát a csapadékhullás intenzitá-



2. ábra: A téli csapadékösszeg (mm) 1957–2016-os időszakban a Soproni borvidéken



3. ábra: A nyári csapadékösszeg (mm) 1957–2016-os időszakban a Soproni borvidéken

sa növekedett –, és az aszályos időszakok hosszabbá váltak. Vagyis valóban, a szélsőséges jelenségek előfordulásának gyakorisága növekedett a Soproni borvidéken, még ha a változások nem is voltak minden esetben szignifikánsak. Ezen szélsőségek szőlőtermesztésre gyakorolt hátrányos hatásait *Kozma* (1991) így foglalta össze: „a környezet páratartalma hat az asszimiláció mértékére, a cukor- és savképződésre, a bogyó tömegének alakulására. A túl sok nedvesség kitolja az érés idejét, a kevés nedvesség viszont akadályozza a fotoszintézist, csökkenti a cukor áramlását a bogyó felé, ami akadályozza az érést és a bogyó méretének gyarapodását”. Vizsgálataink szerint a csapadék lényegesen nagyobb időbeli változékonysággal és kevésbé határozott időbeli változási trendekkel jellemezhető, így a csapadékösszegek szélsőséges alakulását, előrevetítését illetően jóval nagyobb a bizonytalanság, mint a hőmérséklet esetében. A vizsgált csapadékeloszlásra vonatkozó indikátorok egy részének változása statisztikailag nem bizonyult szignifikáns-

3. táblázat A nyári csapadékösszeg statisztikai mutatói az 1957–2016-os, az 1961–1990-es, valamint az 1991–2016 időszakban a Soproni borvidéken, továbbá az 1961–1990-es és az 1991–2016 időszakok varianciáinak és átlagainak összehasonlítása (F-próba, t-próba)

Időintervallum		Nyári csapadékösszeg
1961–1990	átlag (mm)	154,05
1991–2016		188,75
1957–2016		172,41
1961–1990	szórás	62,74
1991–2016		81,46
1957–2016		72,25
1961–1990	a lineáris trend meredeksége	-1,09 ns
1991–2016		0,42 ns
1957–2016		0,12 ns
a varianciák összehasonlítása 1961–1990 ~ 1991–2016	F(17,29)=	1,69 +
az átlagok összehasonlítása 1961–1990 ~ 1991–2016	t(46)=	-1,66 *

+ $p < 0,1$ * $p < 0,05$ ns: nem szignifikán

nak, de az időbeli tendenciák azok esetében is jelzésértékűek, s informatívak. Ezen változások jelentőségét *Antal és Szesztay* (1995) így fogalmazza meg: a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus (HLVP) hosszabbodása lehetővé teszi a hosszabb tenyészidejű fajok, fajták vagy hibridok alkalmazását, ám a szűkösebb vízellátás a szárazságtűrő fajták elterjesztését ösztönzi majd. Nagyobb teret kaphatnak a hőigényes és a szárazságtűrő fajták, s csökkenni fognak a vízigényes fajták, s kisebb területre szorulnak a hűvösebb és nedvesebb klímát igénylő fajok (*Antal és Szesztay*, 1995), amennyiben például az öntözés fejlesztésével nem ellensúlyozzuk a klimatikus hatásokat. A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat, és elsősorban Magyarország középső, keleti, és északkeleti területeit érinti kedvezőtlenül, ami a területi sérülékenység-vizsgálatok jelentőségére hívja fel a figyelmet (*URL*³). A vázolt változásokhoz való alkalmazkodás a kedvezőtlen hatások elleni

védekezés mellett az esetlegesen kedvezőbb éghajlati adottságok jobb kihasználását is jelenti. Az alkalmazkodás a faj, fajta, hibrid megválasztásától kezdve, az alkalmazott agrotechnikán keresztül egészen a termesztési idő megválasztásáig terjedhet. Vizsgálati eredményeink alapján hangsúlyozzuk, hogy a mezőgazdaságra gyakorolt extrém éghajlati hatások előrejelzésekor a megfelelő időszakra jellemző értékek alakulását tartsuk szem előtt, mivel az egyes extrém elemek gyakoriságának változékonysága a különböző vizsgált időszakokban igen eltérő lehet.

Irodalom

- Anda A.*, 2005: A klímaváltozás hazai mezőgazdasági következményei. *Agro-21 Füzetek*. 41.
- Antal E. és Szesztay K.*, 1995: A várható klímaváltozás és a környezet kölcsönhatása. *Agro-21 Füzetek*. 10.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I. és Schlanger, V.*, 2004: A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére, *AGRO-21 Füzetek* 33, 1–18.
- Bartholy J., Pongrácz R. és Torma Cs.*, 2010: A Kárpát-medencében 2021–2050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján. *Klíma-21 Füzetek* 60.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Mangianti, F., Maugeri, M. and Nanni, T.* (2004): Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. *Global and Planetary Change* 40, 141–149.
- Füzi, T. és Varga, Z.* 2015: Extrém meteorológiai jelenségek előfordulásának vizsgálata a mosoni-síkon, különös tekintettel az éghajlatváltozásra. Mosonmagyaróvár. *Kézirat*.
- Harnos, Zs., Gaál M. és Hufnagel L.*, 2008: Klímaváltozásról mindenkinek. *Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika Tanszék, Budapest*.
- Hlaszny, E.*, 2012: A szőlő (*Vitis Vinifera L.*) korai fenológiai válaszadásának modellezése a kunsági borvidéken növényfelvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján. *Doktori értekezés*. Budapest, Corvinus Egyetem.
- Horváth, D., Fazekas, I. és Keszthelyi, S.*, 2016: Phthorimaea operculella (Zeller, 1873), First Record of an Invasive Pest in Hungary (Lepidoptera, Gelechiidae). *Manuscript*.
- Kozma, P.*, 1991: A szőlő és termesztése I. A szőlőtermesztés történeti, biológiai és ökológiai alapjai. *Akadémiai Kiadó*. Budapest.
- Nicholas, P., Magarey, P. és Wachtel, M.*, 1994: Diseases and pests. Grape Production Series, *Winetitles, Adelaide*, 106.
- SEG*, 2007: Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable, http://www.unfoundation.org/files/pdf/2007/SEG_Report.pdf
- Szász, G. és Tőkei, L.*, 1997: Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest. 209–219.
- Zanathy, G.*, 2008: Gondolatok a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásáról. *Agro Napló* 2008/2. *URL*¹: http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ *URL*²: http://epa.oszk.hu/00000/00011/00190/pdf/EPA00011_iskolakultura_2014_11-12_004-012.pdf *URL*³: <file:///C:/Users/Acer/Desktop/M%C3%A1sodik%20Nemzeti%20C3%89ghajlatv%C3%A1ltoz%C3%A1si%20Strat%C3%A9gia%202014-2025%20kitekint%C3%A9s%202050-re%20-%20szakpolitikai%20vitaanyag.pdf>

IDŐJÁRÁSI FRONTOK HATÁSA A KÖZÉPISKOLÁSOK SZERVEZETÉRE

INFLUENCE OF WEATHER FRONTS ON THE PHYSICAL ORGANIZATION OF PUPILS

KÚTI ZSUZSANNA¹, PUSKÁS JÁNOS², KÖCSÉNÉ SZABÓ ILDIKÓ³¹SZOSZSZC Oladi Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája, Szombathely, kutizsuzsi@gmail.com²ELTE SEK Savaria Földrajzi Tanszék, Szombathely, pjanos@gmail.com³Pannon Egyetem Tanárképző Központ, Veszprém, szabo.ildiko@almos.uni-pannon.hu

Összefoglalás. Az írás középiskolások körében végzett frontérzékenységi vizsgálat elveit és lehetséges módszertanát foglalja öszsze röviden.

Abstract. The paper gives a short summary and methodologies of front-sensitivity analysis were carried out among secondary schools' students.

Az ember, mint minden élőlény, része a természetnek, így folyamatos kölcsönhatásban áll vele. Érthető tehát, ha környezetünk változásai szervezetünket (leginkább idegi és hormonális) alkalmazkodási mechanizmusok beindítására kényszerítik (vegetatív reakciók). Néhány ember esetében ezek komoly szubjektív, sőt olykor objektív tüneteket okozhatnak. Leginkább a túlhajszolt életmódot folytató, instabil idegállapotú, gyengébb fizikumú, idős, vagy egyes betegségekben szenvedő (pl. reumatológiai, idegrendszeri, szív- és érrendszeri, immun-, vagy hormonális krónikus betegségekben szenvedő) felnőttek esetében.

A frontérzékenység egyénenként különböző formában jelentkezhet. Tudományosan lehetetlen biztosan megjósolni, hogy egy adott egyénnél bizonyos frontok milyen panaszokat fog kiváltani. A front lényegében hideg és meleg légtömegek határán kialakult légköri képződmény, melyet egyes meteorológiai paraméterek (hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, szélerősség, ionizáció) egyidejű, hirtelen változásai jellemeznek. Hazánk felett átlagosan heti 1-2 ciklon vonul át, így évente kb. 100 front érinti az országot. Melegfront esetén a tünetek már néhány órával a front átvonulása előtt jelentkezhetnek. Ilyenkor emelkedik a hőmérséklet, nő a páratartalom és csökken a légnyomás; mindezek vérnyomás csökkenéshez, pulzusszám emelkedéshez, esetleg depressziós tünetekhez és migrénes panaszok növekedéséhez vezethetnek. Hidegfront esetén a tünetek inkább a front átvonulása után jelentkeznek. A csökkenő hőmérséklet és páratartalom mellett nő a légnyomás. Az asztmás rohamok, gyomor-, epe- és vesegörcsök, mellkasi panaszok száma emelkedik a megfigyelések alapján. Bizonyos általános idegrendszeri tünetek mindkét frontok esetében jelentkeznek, mint például levertség, ingerlékenység, nyugtalanság, alvászavar, a reflexek lassulása, a koncentrációképesség csökkenése és fejfájás (*Holicska, 2008; www.webbeteg.hu*). Ma már a fiatalok (14–20 évesek) körében sem ismeretlen a frontérzékenység. Az egyre gyakoribb és erősebb frontok sok napot megkeseríthetnek az arra érzékenyek számára: fejfájást, rossz közérzetet, fáradtság érzést okozhatnak. A panaszok kiváltó oka

a légköri változások. Frontérzékeny emberekben a sejtpolaritás eltolódást és a légköri nyomásváltozást a szervezet nem tudja kompenzálni. A stresszes, feszült emberek gyakrabban frontérzékenyek. A frontérzékeny tanulók teljesítménye is csökkenhet a frontok idején (www.akupunktura-sorvos.hu).

A tanulók teljesítményét sok tényező befolyásolja. A napjainkban egyre fokozottabb mértékű, természetben végbemenő globális változások a tanulók szervezetét sem kerülhetik el. Így egy kutatótanári program keretén belül egy innovatív vizsgálatra teszünk kísérletet, ahol arra a kérdésre keressük a választ, hogy a középiskolás korosztály koncentrációképességét és teljesítményét hogyan befolyásolják a külső tényezők. Ehhez a diákjaink időjárás frontokra való érzékenységét szeretnénk megállapítani és ezen információ tudatában „trenirozni” őket a frontérzékenység tüneteinek tompíthatósága érdekében főként az esetleges stresszhelyzet idejére, mint például az érettségi vagy a szakmai vizsga. Mindennek ismeretében olyan módszerek kifejlesztésére teszünk kísérletet, amellyel támogatni tudjuk tanulóink egészségtudatos és környezettudatos magatartását. A kutatás eredményei, adatai a későbbiekben felhasználhatóak lesznek szekunder forrásként.

A vizsgálat a Szombathelyi Szolgáltatási Szakképzési Centrum Oladi Szakgimnáziuma és Szakközépiskolájában folyik. A kutatási változók személyes és belső változók, azaz emberekre vonatkoznak és csak az iskola diákjaira. Kutatási irányként szaktudományi kutatásokat választottunk, melyek eredményeikkel segíthetik a köznevelés eredményességét, fejlődését. A frontérzékenységhez kötődő vizsgálat kiterjesztése teljes körű, azaz az iskola minden tanulója részt vesz benne (kb. 300 fő). A frontérzékenység vizsgálatához a Kérdő-féle frontérzékenységi tesztet (*Lányi, 1990*) használtuk fel melyet fél évszázada dolgozott ki Kérdő István orvos és munkatársai, köztük Örményi Imre meteorológus. A teszt segítségével vizsgáltuk tanulóink frontérzékenységét. *Fülöp et al. (2014)* kísérletet tettek a teszt továbbfejlesztésére. Ez a teszt a szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer

egyensúlyát vizsgálja a hétköznapi szokásainkról szóló, 50 kérdésre adott válaszok alapján (Lányi, 1990). A lekérdezés mintasokaságát a 2016/2017-es tanév egy adott mérési napján iskolában lévő tanulók adják. A begyűjtött adatok feldolgozására a lekérdezés után kerül sor. Az adatok számítógépes feldolgozása SPSS program illetve Microsoft Excel felhasználásával történik.

A tesztek kiértékelését követően meghatározható, hogy a tanulók érzékenyek-e, illetve milyen frontra és milyen mértékben érzékenyek. A teszteredmények feldolgozása után a tanulók visszajelzést kapnak. Az eredmények ismeretében a diákok érzékenységének egészségügyi következményére csoportonként ismeretterjesztő foglalkozások tematikájának kidolgozásra kerül sor, majd ezek elsajátíttatására, mellyel elkerülhetik vagy csökkenthetik a fronthatás negatív következményeit. Ezen problémakörre alkotott módszereket beépítjük oktató-nevelő munkánkba is azzal a céllal, hogy a környezeti hatás jelenlétekor elkerülhető, de legalább csökkenthető legyen a diá-



1. ábra: Ablakból készült villámfelvétel

kok teljesítményromlása. Csoportba gyűjtve, iskolai programokon rendszeresen átadjuk az újabb technikákat tanulóink részére, ezzel trenírozva őket, hogy saját érzékenységüket kezelni tudják, és ezzel a kellemetlen hatások során a teljesítményük romlását, koncentráció képességük csökkenését megakadályozhassuk. A vizsgálat eredményét követően olyan egészségnevelési programot dolgozunk ki, amely biztosítja tanulóink tudatos egészségfejlesztési magatartásának fejlődését. A kidolgozott programok azután szélesebb körű tudásmegosztásra kerülnek. Vizsgálatunk eredményeinek segítségével elsősorban az intézmény oktató-nevelő munkájának sikeresebb és hatékonyabb megvalósítására törekszünk. A koncentrációképesség hiánya, figyelem csökkenése néhány szakma esetében komolyabb következménnyel jár. Az iskolában – egyéb képzés mellett – egészségügyi képzés lévén, erre különös gondot kell fordítanunk, hiszen egyes helyzetekben a páciens egészségállapotát, biztonság- és komfortérzetét jelentősen befolyásolja az ellátók pillanatnyi koncentrációja. Ennek érdekében a frontérzékenységi eredmények tükrében olyan módszerek kidolgozását

tervezzük, amely akár a tanórákon, ill. szünetekben is elősegíti a tanulók megfelelő koncentrációjának fenntartását. A kutatás innovatív jellegű, és új ismeretek megszerzését, hosszabb távon új módszerek megismerését és ezek alkalmazását teszi lehetővé. A kutatóprogram eredményeit intézményen belül, valamint szakmai kutató partnerekkel, illetve tágabb környezetben: konferenciákon, szakmai fórumokon, tanárképzésben, felsőoktatásban, ismeretterjesztő előadásokon, publikációkon keresztül kívánjuk megosztani.

Összefoglalva: a kutatás a mindennapi élettel összefügg, probléma-központú, s a mindennapi élethez kapcsolódóan közelíti meg a természettudomány területeit. Célja a tanulók koncentráció- és teljesítmény-romlásának elkerülése. Szeretnénk felhívni a figyelmet az időjárási frontok szervezetet befolyásoló hatásaira, s ezek csökkenthetőségére, kezelhetőségére koncentrációképességük megőrzésének érdekében. Mindez fontos szerepet játszhat a stresszhelyzetek csökkentésében vagy a különböző ver-



2. ábra: A pillanatnyi benyomást érzékeltető, elmosódott felvétel

senyhelyzetek, vizsgák során nyújtott teljesítményben is.

Meggyőződésünk, hogy a tanulók számára egy konkrét kutatás bemutatása, illetve abban való aktív részvétel elősegíti a természettudományos gondolkodás kialakulását. Véleményünk szerint a kutatások által gazdagodhat a tudásunk a tanulók eredményes tanulását befolyásoló tényezőkről, s várhatóan e tudás által talán még eszközt is kapunk ezek befolyásolására.

Irodalom

- Fülöp, A., Mika, J. és Düll, A., 2014: A Kérdő-féle frontérzékenységi teszt vizsgálata és kísérlet a továbbfejlesztésére. *Léggör* 59, 74–77.
- Holicska, Sz., 2008: Emberpróbáló időjárás - Orvosmeteorológiáról mindenkinek. *Athenaeum Kiadó Kft.*, Budapest, pp. 256
- Lányi, P., 1990: Vigyázat! Frontbetörés. *Medicina*, Budapest pp. 206
- www.webbeteg.hu/cikkek/egeszseges/1558/mit-tehetunk-a-fronthatasok-enyhitesereert
- www.akupunkturasorvos.hu/fronterzekenysseg.html

KÜLÖNBÖZŐ MŰVELÉSMÓDÚ SZŐLŐÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ FAUNÁJÁNAK VIZSGÁLATA

EXAMINATION OF ARTHROPOD FAUNA IN DIFFERENT VINEYARDS CULTIVATION

Havasréti Béla

Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal Győri Járási Hivatal, Agrárügyi és Környezetvédelmi Főosztály Növény- és Talajvédelmi Osztály, 9028 Győr, Arató u. 5., havasreti.bela@gyor.gov.hu

Összefoglalás. Új élőhelyeken megjelenő károsítók a megjelenésük első éveiben nagyon komoly gazdasági károkat okozhatnak. A károk elkerülhetők, ha megismerjük a károsítók életmódját még a megjelenésük előtt és folyamatosan monitorozzuk felbukkanásuk helyét. Vizsgálataink során szőlőben kihelyezett sárga ragacslapok fogási eredményeit értékeltük. Arra kerestünk választ, hogy az eltérő növényvédelmi művelésmód milyen hatással van a csapdák által fogott ízeltlábúak egyedszámának alakulására.

Abstract. Harmful organisms can cause very serious economic damage for the first few years' appearance in new habitats. The damage can be avoided, if you know the way of life before the appearance of more harmful organisms and monitor the place of possible appearance. Catch results of yellow adhesive traps located in vine cultivation have been analysed. We were looking for answers how the diverse plant cultivation can influence the number of caught arthropods by traps.

Bevezetés. A filoxéra, vagy a burgonyabogár hazai megjelenése jól mutatta, hogy az új élőhelyeket meghódító károsítók a megjelenésük első éveiben nagyon komoly gazdasági károkat okozhatnak. Ezek a károk elkerülhetők, vagy jelentősen csökkenthetők, ha megismerjük a várható károsítók életmódját még a megjelenésük előtt és megfelelő módszerekkel folyamatosan monitorozzuk felbukkanásuk helyét. Ez a monitorozás a növényegészségügyi felderítési munka, melynek során a rovarkártevők ellen különböző csapdákat helyezünk ki az adott kultúrában. Ezek a csapdák lehetnek feromoncsapdák, ragacslapos csapdák, illatcsapdák és fénycsapdák. Egyes csapdatípusok a kiválasztott célkártevőn kívül sok egyéb ízeltlábú fajt is megfognak, esetenként nagy egyedszámban. Az egyes csapdák által fogott példányok száma, faji megoszlása a terület földrajzi fekvésétől, az adott biotóp flórájának összetételétől, kultúrnövények esetében a termesztéstechnológiától függően eltérő lehet. Vizsgálataink során szőlőkultúrában kihelyezett sárga ragacslapok fogási eredményeit értékeltük. Arra kerestünk választ, hogy az eltérő növényvédelmi művelésmód milyen hatással van a csapdák által fogott ízeltlábúak egyedszámára.

Szakirodalmi áttekintés. A különböző növényvédelmi célú rovarcsapdák fogási anyagainak felhasználása rovarügyi vizsgálatokra már régóta elfogadott kutatási módszer (Nowinszky, 2008; Szentkirályi, 1984). Faunisztikai felmérésekre elsősorban a fénycsapdák alkalmasak, mert a fogott rovaranyagot kevésbé teszik tönkre. (Mészáros et. al., 1980; Rézbányai, 1974). A kellő gondossággal üzemeltetett fénycsapdák rovarpéldányai jól határozhatók maradnak. Mindez sajnos nem mondható el a ragacslapos csapdákról, vagy a vizes illatcsapdákról ahol a fogott anyag nagy része rongálódik, teljes körű határozásra többnyire alkalmatlanná válik. Az így gyűjtött példányok faunisztikai feldolgozására, pontosabb, faji szintű meghatározására nem találtunk szakirodalmi példát.

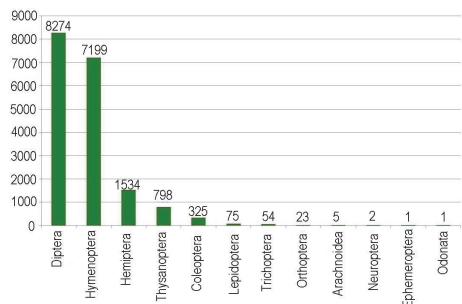
Anyag és módszer. A vizsgálatokban az amerikai szőlőkabóca (*Scaphoideus titanus* Ball, 1932) felderítésére használt sárga ragacslapokat használtuk fel. A 10x16 cm-es Csalomon SZs típusú ragacslapokat a Pannonhalmi Borvidék két, illetve a Soproni borvidék három ültetvényében helyeztük ki. Az első ültetvény a Pannonhalmi borvidéken Kajárpéc község határában egy 3 ha-os Cserszegi fűszeres

fajtájú 12 éve telepített szőlőtábla volt. A területet a gazda intenzíven művelte. Gombaölő szeres kezelést 8-szor, rovarölőszeres permetezést 5-ször végzett a táblán az év folyamán kontakt hatású piretroid hatóanyag tartalmú készítményekkel. A sorok két alkalommal történő vegyszeres gyomirtása, illetve a sorközök 6 alkalommal való tárcsázása biztosította a vegetációs idő alatti gyakorlatilag teljes gyommentességét a területnek. A borvidék másik vizsgált ültetvénye az előbbtől 7 km-re Felpéc határában volt, egy 0,5 ha-os Othello fajtájú 15 éves tábla. A saját célra termesztett szőlőterület növényvédelme extenzív volt. Az év során két rezes permetezést végzett csak rajta a gazda. A sorokban és a sorközökben 3 alkalommal végzett kaszálás időszakosan magas gyomborítást eredményezett az ültetvényben. A harmadik vizsgált szőlőterület a Soproni borvidéken került kijelölésre Fertőboz határában. A 22 éves 8 ha-os Zweigelt fajtájú táblán alkalmazott növényvédelmi technológia félintenzívnek tekinthető. A vegetációs idő alatt 7 gombaölő szeres permetezést végeztek. Mivel molykártevők már évek óta nem fordultak elő a területen, így rovarölőszeres kezelésekre nem is került sor. A sorokat és minden második sorközt 3 alkalommal kaszálták. A viszonylag idős ültetvényben sok volt a tőkehiány, így a gyomosodás is erőteljesebbnek látszott. A negyedik vizsgált tábla a Soproni borvidék szélén, Fertőszentmiklós határában terült el. A 35 ha-os, vegyes fajtájú ökológiai gazdálkodásba bejegyzett ültetvényt a gazdálkodási módnak megfelelően művelték. Évente 4 gombaölőszeres kezelést kapott nem szintetikus készítményekkel. A sorközöket felváltva tárcsázták, illetve kaszálták évente 5 alkalommal. A sorokban a kézi kapálást folyamatosan végezték. Az ötödik vizsgált tábla Sopron János-telepen volt. A Sopron és Sopronkőhida közötti 15 ha-os területet a rendszerváltozás óta nem művelték. A táblából a kordon oszlopokat eltávolították, a valaha Kékfrankos fajtájú tőkéken az alanyvesszők elvadult hajtásai a területet behálózták. Valamennyi ültetvényben 6 db sárga ragacslapot helyeztünk ki a táblán átlósan, egymástól kb. 15 m-re. A ragacslapokat 150 cm magasságban fa kordonoszlopokra tűztük fel két ponton, kárpitos tűzőgéppel. A kihelyezés 2016. 07. 26-án történt és ezt követően 5 alkalommal azonos időszakokban a lapokat beszedtük és újakra cseréltük. A cserék időpontjai rendre a következők voltak: 08.03.; 08.09.; 08.23.; 08.31. és 09.26. Ez 8, 6, 14, 8 és 26

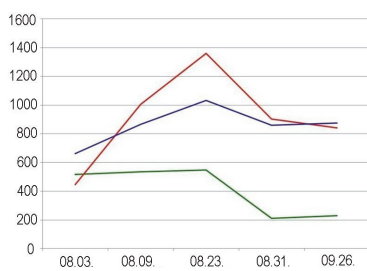
naponként történő csapdacerét jelentett a gyakorlatban. A csapdák így összesen 62 napig voltak kihelyezve a területen. A beszedett sárgalapokat felcímkéztük és a rajtuk levő ízeltlábú anyagot meghatároztuk. A határozás mélysége csak az osztály, illetve rend szintjéig történt.

Eredmények. A fentiek alapján a vizsgált időszakban összesen 150 csapda adatait gyűjtöttük össze. Valamennyi ragacs lapot sikerült visszagyűjteni, elveszett, vagy leszakadt lap nem volt, köszönhetően a tűzőgépes kettős rögzítésnek. A csapdák összesen 18291 példányt fogtak. Az egyedek ízeltlábú csoportok szerinti megoszlását az 1. ábra tartalmazza. A legtöbb példány a Diptera, illetve a Hymenoptera rendhez sorolható, ami nem meglepő, hiszen ezek az állatok köztudottan vonzódnak a sárga színhez. A Hemiptera fajok általában szintén jól gyűjthetők sárga színcsapdákkal, ennek azonban látszólag ellentmond alacsony egyedszámuk a csapdáknál. A magyarázat abban keresendő, hogy a vizsgálat időszakában (augusztus-szeptember hónapok) a valódi levéltetvek szárnyas alakjai már elrajzoltak. A többi csoport egyedei között nincs, vagy csak kevés a sárga színre jól repülő faj, ezért ezek a fogott példányok csak véletlenül ragadhattak a csapdába. A nagyobb testű Orthopterák jelenlé-

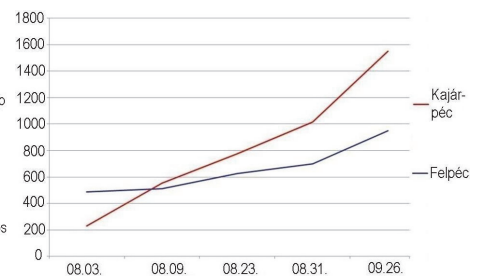
te, hogy a csapda a tábla szélén, vagy az ültetvény belsejében helyezkedik-e el. Összefüggést azonban nem lehetett kimutatni. Volt, ahol a tábla szélén lévő ragacs lapokon kétszer akkora volt az egyedszám, mint a legbelső csapdában, míg ennek ellenkezője is előfordult. A Soproni borvidéken kihelyezett csapdák fogási eredményeit a 2. ábra, míg a Pannonhalmi borvidék ültetvényeiben elhelyezett csapdák fogását a 3. ábra mutatja. Az eltérő irányú fogási görbéket ebben az esetben az eltérő fajösszetétellel lehet magyarázni. Borvidékektől függetlenül azokban az ültetvényekben ahol intenzív, vagy intenzívebb művelést folytattak – Kajárpécen, illetve Fertőbozon – a kezdeti alacsonyabb egyedszám után a vegetációs idő végére a csapdáknál lévő példányok száma magasabb volt, mint a kevésbé intenzíven művelt táblák – Felpéc, Fertőszentmiklós – csapdáiban. A legkevesebb egyed a műveletlen szőlőben Sopron János-telepen fogtak a csapdák. Fertőbozon – az egyetlen vizsgált ültetvényben, ahol használtak rovaröltszereket – augusztus végére a fogott egyedszám 30%-kal magasabb volt, mint az ökológiai gazdálkodásban részesített Fertőszentmiklói ültetvényben. Az év során öt alkalommal végzett piretroid hatóanyag tartalmú rovaröltszerezés után a területen valószínűleg minden rovar elpusztult, vagy legalábbis erő-



1. ábra: A fogott egyedek megoszlása ízeltlábú csoportok szerint



2. ábra: A Soproni borvidék csapdáinak fogása



3. ábra: A Pannonhalmi borvidék csapdáinak fogása

tére sokszor csak egy-egy leszakadt láb utalt. Ezek a példányok vagy kiszabadultak, vagy ami valószínűbb egy rovar- evő ragadozó zsákmányává váltak. Ennek tisztázására érdekes vizsgálat lehetne a jövőben, a kihelyezett ragacs lapok videokamerás megfigyelése. Erre jó lehetőséget biztosíthatnának az újabban kifejlesztett távcsapdák. A csapdánként fogott egyedek száma nagyon változóan, 6 és 735 között alakult. Mivel technikai okok miatt a csapdák azonos időintervallumok utáni leolvasását nem tudtuk megvalósítani, ezért az egy napra vetített fogásokat hasonlítottuk össze. Ennek eredményeként 0,2 és 37,8 db közötti napi fogási adatokat kaptunk. Ezen belül a megoszlás nagyon egyenetlen volt, a napi fogások legnagyobb része, 82%-a, 0,2–20 db között volt. 20 db/nap feletti fogás összesen 27 alkalommal fordult elő. Ezek fele az augusztus 3. és 9. közötti időszakban volt, mindegyik vizsgálati hely esetében. A magas egyedszámot időjárási körülmények nem indokolhatták. Az Országos Meteorológiai Szolgálat soproni és péri mérőállomásainak (mint a vizsgálati helyekhez legközelebbieknek) a mérési eredményei kiugró értékeket nem tartalmaznak. Sőt, ebben az időszakban mindkét mérőállomáson jelentős csapadékot is regisztráltak (augusztus 5-én 21, illetve 22 mm), ami a rovarok repülését korlátozza. A magas egyedszám oka sokkal inkább abban keresendő, hogy erre az időszakra több faj rajzáscúcsa is eshetett. A fogási eredmények nagy szórást mutattak abban a tekintetben is,

sen lecsökkent az egyedszámuk. Feltételezésünk szerint az így keletkezett populációs vákuum hatására emelkedhetett meg a területen az ízeltlábúak egyedszáma.

Összefoglalás. Vizsgálatainkat öt, növényvédelmi szempontból különböző művelésmódú, szőlőültetvényben végeztük a kihelyezett sárga ragacs lapos csapdák fogási eredményeinek összehasonlításával. A csapdák fogási eredményei alapján nem mutatható ki összefüggés a fogott egyedszám és a csapdaleolvasási idő, illetve a csapdák táblán belüli elhelyezkedése között. Vizsgálataink azt mutatták, hogy míg az egyetlen rovaröltszerezésben részesült szőlőültetvényben fogták a legtöbb egyed a kihelyezett csapdák, addig a kezelésben nem részesült, műveletlen táblában volt a legalacsonyabb az egyedszám. A lehetséges okokra vonatkozó szakirodalmi utalásokat nem találtunk, a megállapítások igazolása további vizsgálatokat igényel.

Irodalom

Mészáros, Z.-, Szabóky, Cs. és Ronkay, L., 1980: Adatok a Fertő tó lepkefaunájához. *Savaria a Vas megyei múzeumok értesítője* 13–14, 53–57.
 Nowinszky, L. 2008: A hold és a fénycsapdázás. *Savaria University Press*, pp. 170
 Rézbányai, L., 1974: Vándorlepkefajok fogási adatai, fénycsapdagyűjtés alapján. *Folia Entomologica Hungarica* 27, 247–249.
 Szentkirályi, F., 1984: Analysis of light trap catches of green and brown lacewings (Neuropteroidea: Planipennia, Chrysopidae, Hemerobiidae) in Hungary. *Verh. SIEEC X.*, 177–180.

25 ÉVES A HEGYHÁTSÁLI ÜVEGHÁZGÁZ MÉRŐÁLLOMÁS 25 YEAR ANNIVERSARY OF HEGYHÁTSÁL GREENHOUSE GAS MONITORING STATION

Haszpra László

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1181 Budapest, Gilice tér 39., haszpra.l@met.hu

Összefoglalás: 25 évvel ezelőtt, 1993. március 2-án zajlott le az első mérés a hegyhátsáli üvegházgáz mérő állomáson, amely azóta számtalan sikeres kutatási program résztvevőjeként nemzetközi elismertségre tett szert. A tanulmány felidézti a mérőállomás létrehozásának történetét és bemutatja a mérési programot.

Abstract: 25 years ago, on 2 March 1993, the first measurement at Hegyhátsál greenhouse gas monitoring station was performed. Since then the station has participated in numerous successful research projects and acquired international recognition. This paper recalls the history of the setting up of the station and presents its measurement program.

Az 1960-as évek második felére egyértelművé vált, hogy a légkör szén-dioxid (CO₂) tartalma fokozatosan növekszik, és mivel a szén-dioxid üvegházhatású gáz, ezért ez a Föld éghajlatának megváltozását okozhatja. A kockázatra való tekintettel a Meteorológiai Világszervezet (WMO) az akkoriban megszervezés alatt álló globális háttérlevegőszennyezettség-mérő hálózat (Background Air Pollution Monitoring Network – BAPMoN, a mai Global Atmosphere Watch [GAW] elődje) mérési programjába beemelte a szén-dioxid légköri koncentrációjának mérését is. Ennek köszönhető, hogy amikor a WMO megbízásából az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) 1978-ban megindultak a nemzetközi BAPMoN továbbképző tanfolyamok, a WMO egy szén-dioxid koncentrációt mérő műszert is az OMSZ-nak adományozott. A műszert 1981-ben az akkor épült K-pusztai mérőállomáson folyamatos üzembe állítottuk, így a tanfolyamok résztvevői valós mérési körülmények között ismerkedhettek vele és a kapcsolódó értékelő munkával. A korabeli koncepció szerint szén-dioxid méréseket csak vegetációtól távoli helyen érdemes végezni, mert a vegetáció ciklikus szén-dioxid felvétele és leadása (fotoszintézis/respiráció) olyan mértékű zajt okoz a mérési adatsorban, ami nehezíti a tendenciák tisztázását. Ezért mérőállomások döntő részben sarkvidéki területeken, elszigetelt óceáni szigeteken és magas hegycsúcsokon létesültek. Az éghajlatvédelmi stratégiák kidolgozásához azonban nem elegendő csupán nyomon követnünk, hogy hogyan változik az egyik legfontosabb üvegházhatású gáz mennyisége, azt is tudnunk kell, hogy miért, milyen folyamatok révén. Az 1980-as évek végére derült ki, hogy a korábbi feltételezésekkel ellentétben a bioszféra meghatározó szerepet játszik a légkör szén-dioxid tartalmának hosszabb távú alakításában. Nincs egyensúlyban, mint ahogy azt korábban feltételezték, hanem felveszi az emberi kibocsátás egy részét is. A bioszféra szén-dioxid forgalma viszont igencsak érzékeny az éghajlat alakulására. A folyamatok tisztázására mérőállomásokat kellett létesíteni a korábban mérési szempontból ellenjavallt területeken is. Itt, a megfelelő területi reprezentativitás elérése érdekében, célszerűnek látszott a mérőállomásokat magas tornyokra telepíteni, hogy ne csak a közvetlen közelükben lévő növényzet szén-dioxid forgalmát érzékeljék, hanem jellemezzék a bioszféra jelentős részének viselkedését is. Ez a paradigma-váltás felértékelte az addig tudományos szempontból nem sokra becsült K-pusztai CO₂ mérőállomást, hiszen éppen a korábbi állomástelepi-

tési koncepció miatt Európában az 1980-as években csak a Német Szövetségi Köztársaságban működött néhány, a bioszféra viselkedését is érzékelni képes mérőhely. A magyarországi mérési tradíciók felkeltették az amerikai National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) üvegházhatású gázok mérésével foglalkozó csoportjának figyelmét is, amely az új felismerések megfelelően meglévő globális mérőhálózatát a vegetációval borított kontinentális területekre is igyekezett kiterjeszteni. A szakmai együttműködés kibontakozására a rendszerváltás után létrehozott Magyar-Amerikai Tudományos és Technológiai Közös Alap (MAKA) adott módot, amely lehetővé tette a kölcsönös szakmai tanulmányutakat, közös kutatási programok indítását, továbbá az ezekhez szükséges eszközök beszerzését. Az Amerikai Egyesült Államokban 1992-ben hozta létre a NOAA az első magas tornyos szén-dioxid-mérő állomást. K-pusztán azonban nem volt sem műszaki, sem anyagi lehetőség egy legalább 100 m magas torony felállítására. Ezért az 1992-ben indult első MAKA projekt feladata volt, hogy olyan, legalább 100 m magas tornyot találjunk Magyarországon, amely egyrészt távol esik az emberi szennyezőforrásoktól, másrészt minél síkabb területen áll, ahol a domborzat lokális áramlásmódosító hatásával kevésbé kell számolni. Ilyen magassággal csak a TV- és rádió-adótoronyok jöhetnek számításba, ezek azonban – műsorszórás szempontból érthetően – elsősorban hegytetőkön találhatók. A rendkívül támogató, a környezetvédelem iránt elkötelezett Magyar Műsorszóró Vállalat (a mai Antenna Hungária Rt. jogelődje) segítségével végül a nem sokkal korábban épült 117 m magas hegyhátsáli adótoronyt találtuk a legalkalmasabbnak a céljainkra, amely a közlekedési, ipari és lakossági szennyezőforrásoktól viszonylag távol, a környezetéből alig kiemelkedő lankás dombon helyezkedik el. A szén-dioxid mérések drága eszközöket és hozzáértő szakembereket igényelnek, továbbá biztosítani kell azt is, hogy a különböző mérőállomások műszerei nagy pontossággal ugyanahhoz a mérési skálához kötődjenek. Egy globális mérőhálózat létrehozásánál ezeket a feltételeket nehéz biztosítani. A NOAA azt a megoldást választotta, hogy az egyes mérőállomásokon csak levegőmintát vesz, amihez nem kell sem drága eszköz, sem különösebb szakértelem, a postázott levegőmintákat pedig egyetlen helyen, a NOAA boulderi (Colorado állam) központi laboratóriumában elemzik. Így az egyes állomások mérési skáláinak szétcsúszása fel sem merül, továbbá a levegőminták-

ból nemcsak a szén-dioxid, hanem más gázok koncentrációja, illetve izotóp-összetétele is mérhető. A hegyhátsági mérőhelyen a mai napig fenntartott heti rendszerességű mintavételek 1993. március 2-án kezdődtek. Ezt a dátumot a *1. táblázat: A hegyhátsági (46°57'N, 16°39'E) mérőállomás mérési programja*

Mért komponens	Mérés magasság	Mérési gyakoriság	Mérési időszak	Együttműködő szervezetek*
CO ₂ , CH ₄ , CO, H ₂ , δ ¹³ C–CO ₂ , δ ¹⁸ O–CO ₂	96 m	hetente	1993–	NOAA
CO ₂	10, 48, 82, 115 m	folya- matos	1994–	
N ₂ O, SF ₆	96 m	hetente	1995–	NOAA
CO ₂ felszín-légkör fluxus (kb. 200 km ² , mg. ter., erdő)	82 m	folya- matos	1997–	ELTE
CO ₂ felszín-légkör fluxus (30 ha, gyepek)	3 m	folya- matos	1999–2003	NIRE ELTE
CO ₂ , CH ₄ , CO, H ₂ , N ₂ O, SF ₆	200–3000 m	havonta	2001–2009	LSCE
CO ₂ , CH ₄ , CO, δ ¹³ C–CO ₂ , δ ¹⁸ O–CO ₂ , d ¹⁴ C–CO ₂ , O ₂ /N ₂	10 m, 96 m, 500–3000 m	eseti	2002–2008	RUG
CO ₂	200–3000 m	4–5 na- ponta	2006–2009	ELTE
N ₂ O, SF ₆	96 m	10 per- cenként	2006–2012	ELTE
CH ₄	96 m	10 per- cenként	2006–2014	ELTE
CO ₂ fel- szín-légkör flu- xus (kb. 30 ha, gyep)	3 m	folya- matos	2006–	ELTE
d ¹⁴ C–CO ₂	10 m, 115 m	havonta	2008–	MTA ATOMKI
CH ₄ , δ ¹³ C–CH ₄	96 m	hetente	2013–2015	RHUL
CO, N ₂ O	82 m	folya- matos	2015–	MTA CSFK
CO, N ₂ O felszín-légkör fluxus (kb. 200 km ² , mg. terület, erdő)	82 m	folya- matos	2015–	MTA CSFK ELTE
CH ₄	82 m	folya- matos	2016–	

* NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, U.S.A.; ELTE – Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest; NIRE – National Institute for Resources and Environment, Tsukuba, Japán; LSCE – Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, Franciaország; RUG – Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, Hollandia; MTA ATOMKI – Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézet, Debrecen; RHUL – Royal Holloway, University of London, Egham, Egyesült Királyság; MTA CSFK – Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

mot tekinthetjük az állomás alapítási idejének. Mivel Magyarországon a szaktudás és a MAKKA jóvoltából a komolyabb mérési programokra is lehetőséget adó anyagiak is rendelkezésre álltak, 1994 őszére elkészült az a

mérőrendszer, amely a hegyhátsági tornyon 4 magassági szintben (10 m, 48 m, 82 m, 115 m) folyamatosan méri a levegő szén-dioxid koncentrációját. Ezekre a szintekre egyszerű meteorológiai érzékelők is kerültek (szélirány, szélesség, hőmérséklet, relatív nedvesség), amelyek adatait a meteorológusok is használhatják. Egy újabb MAKKA projekt jóvoltából 1997-ben megkezdhettük a felszín és a légkör közötti szén-dioxid áramlás folyamatos közvetlen mérését is, ami alapvető fontosságú információkat ad arról, hogyan reagál a vegetáció szén-dioxid forgalma az éghajlat ingadozására, illetve változására. A Kiotói Jegyzőkönyv aláírását követően Európa számára is kiemelt kérdéssé vált az éghajlatvédelem, így mire a magyar-amerikai projektek kifutottak, addigra az állomás már bekapcsolódhatott a nagy uniós kutatási projektekbe. A szakmai tapasztalatokon és a kiépült infrastruktúrán túlmenően az európai kutatások számára a hegyhátsági mérőállomás földrajzi elhelyezkedése is értékes. A döntően a nyugati szelek övében elhelyezkedő Európában Hegyhátsál mindmáig a legdélekeletibb üvegházgáz mérőállomás, amely egyrészt nyomon tudja követni a nyugat- és közép-európai üvegházgáz-kibocsátás hatását, másrészt, ellenkező irányú légáramlások esetén, a legmélyebben „lát be” a helyi mérésekkel egyelőre lefedetlen kelet- és délkelet-európai régióba. A 2000-től kezdődően érkezett Európai Unió kutatási támogatásoknak köszönhetően 2001. és 2009. között 8 éven keresztül repülőgépes mérések is folytak a hegyhátsági torony felett, melyek adatai – újabb adatok híján – ma is meghatározó jelentőségűek a légköri üvegházgáz-mérleg modellekben. 2006-tól indult meg néhány nem-CO₂ üvegházgáz gáz koncentrációjának folyamatos mérése. A teljes mérési programot az *1. táblázat* tartalmazza. A mérőállomás mai belső képét pedig a *címlapon* láthatjuk. A mérőállomás jövőjét elsősorban a mostanság szerveződő pán-európai üvegházgáz-mérőhálózathoz, az ICOS-hoz (Integrated Carbon Observation System) való csatlakozás jelenti. Az évek során csaknem 40 olyan tudományos publikáció jelent meg, amelyek kifejezetten a hegyhátsági méréseken alapultak, és másfél tucatnyi külföldi kutató épített olyan mértékben a hegyhátsági mérésekre, hogy munkájába szerzőtársként magyar kutatókat is bevont. A hegyhátsági mérések beépülnek azokba a globális modellekre alapított kutatásokba is, ahol az egyes résztvevő mérőállomások nevesítésére már nincs mód. A globális üvegházgáz mérőhálózat szolgáltatja azokat az ismereteket, amelyekre aztán az éghajlati modellek épülnek. A magyar-amerikai együttműködésen túlmenően az állomás részt vett az AEROCARB, a CHIOTTO, a CarboEurope-IP, a Carbon-Pro, az IMECC, az InGOS és a RINGO Európai Unió kutatási projekteken, egy-egy japán-magyar és holland-magyar bilaterális projektben, de az itt folyó mérésekre épült öt hazai OTKA és egy GVOP-KMA kutatási program is. A hegyhátsági mérések eredményeinek jelentős része nyilvánosan hozzáférhető a Meteorológiai Világszervezet Üvegházgáz Adatbázisában (WMO World Data Centre for Greenhouse Gases – <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>), illetve az ICOS Carbon Portal-on (<https://www.icos-cp.eu/>).

A FÖLD MÁSODIK LEGHIDEGEBB FŐVÁROSÁBAN IN THE SECOND COLDEST CAPITAL CITY IN THE EARTH

Tóth Róbert

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

Összefoglaló. 2017 júliusában egy hetet töltöttem Asztanában, a távoli Kazahsztán fővárosában. Az ott szerzett tapasztalataim alapján szeretnék rövid bepillantást nyújtani az ország történelmébe, jelenlegi gazdasági-társadalmi életébe és földrajzába.

Abstract. In July 2017 I spent a week in Astana, the capital of remote Kazakhstan. Based on my experience I would like to give a brief insight into the country's history, current economic and social life and geography.

Rögtön az elején el is árulom, hogy a közép-ázsiai Kazahsztán jelenlegi fővárosa, Asztana mondhatja el magáról, hogy csak egyetlen főváros hidegebb nála évi átlagban. Ez a csúcstartó főváros pedig a még keletebbre fekvő Mongólia fővárosa, Ulánbátor $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ évi középhőmérséklettel. Asztanában ugyanez az érték $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg az e rangsorban harmadik Moszkvában $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Őket Helsinki és Reykjavík követi. Összehasonlításként Budapest évi átlaghőmérséklete $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ közelében alakul. 2017 júliusában egy hetet töltöttem Asztanában, az ott szerzett tapasztalatokról szeretnék beszámolni ezzel az írással, valamint kicsit közelebb hozni ezt a távoli nagy országot. Az Európai Unió és Kazahsztán Partnerségi és Együttműködési Megállapodást kötött, amelynek 8. fejezete az éghajlati együttműködésről szól. Ennek keretében az Éghajlati Főigazgatóság és a Kazah Energiaügyi Minisztérium workshopot szervezett egyes éghajlat-politikai és ózonréteg-védelmi kérdésekben. Örömmel fogadtam a felkérést, hogy tartsak előadást a hazánkban tapasztalt éghajlatváltozásról, extrém időjárási helyzetekről, valamint az ózonréteg védelmét szolgáló európai technológiákról. A többi előadó zömmel a közeli uniós tagállamokból érkezett.

Kazahsztán a világ 9. legnagyobb területű országa a maga $2\,717\,300\text{ km}^2$ -vel. Lakóinak száma 18 millió körüli, így a népsűrűség rendkívül alacsony, mintegy $6\text{ fő}/\text{km}^2$. Nyugati határa a Kaszpi-tenger és az azt övező Kaszpi-mélyföld. A Kaszpi-tenger vízszintje -28 méteren van, a Kaszpi-mélyföld legalacsonyabb része pedig -132 m a Mangiszlak-félszigeten. Az ország legnagyobb része síkvidék alacsony hátságokkal. Magas hegyek a keleti, délkeleti határán húzódnak, mint az Altáj és a Tien-san (1. ábra). Legmagasabb csúcsa ez utóbbiban található, a 6995 méteres Han Tengri. Az ország északi részéről az Irtis és mellékfolyói a Jeges-tengerbe vezetik a folyók vizét, míg az ország nagyobb részéről a lefolyástalan nagy tavakba (Kaszpi, Balkas, Aral) érkeznek a folyóvizek.

Az Aral-tó kiszáradása jól példázza, hova vezethet a természet kialakult rendjébe történő megdöntés emberrel. Oroszország 1847-ben létesített katonai helyőrséget a partján, majd 1873-ban igazgatása alá vonta. Ezután csatornaépítésekkel igyekeztek a sivatagi területeket termővé tenni. Ennek veszélyeire Alexander Ivanovics Vojevok orosz utazó és meteorológus már akkor

riban felhívta a figyelmet. Ennek ellenére még száz évig további csatornákkal vezették el a két fő folyó, az Amudarja és a Szir-darja vizét. Míg 1960-ban az Aral-tó a Föld 4. legnagyobb tavának számított a közel $70\,000\text{ km}^2$ vízfelületével, ez mostanra a tizedére esett vissza, s az összefüggő víz három kisebb tóra oszlott. Kazahsztán az északi tórészt igyekszik megmenteni, de a kevésbé tehető üzbégek ezt a déli résszel valószínűleg nem tudják megtenni. Nem kizárt, hogy a Balkas-tóra ugyanez a sors vár, mert a tavat tápláló folyók vizének növekvő ipari és mezőgazdasági felhasználása miatt zsugorodik a tó.

Kazahsztán éghajlatát alapvetően meghatározza, hogy az ország minden irányból messze van az óceánoktól és nyitott a nyugati és északi szelekkel szemben. Emiatt a kazah klímát határozott kontinentalitás és a csapadék egyenlőtlen eloszlása jellemzi. Az ország északi része kifejezetten szárazföldi éghajlatú, délebbre félsivatagos, majd sivatagi zónát találunk. Egészen délen Simkent körzetében, az üzbég főváros, Taskent közelében fordul elő mediterrán jellegű terület, míg a magas hegyekben hegyvidéki éghajlat uralkodik. A kazah tél északon hideg és hosszú, délen mérsékelt enyhe. Északon a januári középhőmérséklet $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ami délen egészen $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig enyhül. A nyarak szárazak, északon melegek és dél felé haladva forróvá válnak. Az évi csapadékmennyiség északon $300\text{--}600\text{ mm}$ körül van, míg délen alig éri el a $100\text{--}200\text{ mm}$ -t, viszont a délkeleti hegyekben helyenként akár 1500 mm is lehet. A csapadék többsége tavasszal és kora nyáron hullik. Szinte az egész ország területére jellemzőek az erős szelek, amelyek helyenként meghaladják a $140\text{ km}/\text{óra}$ sebességet. Ez a szélerezió nagyban hozzájárul az egykori sztyeppék elsivatagosodásához, amiket a szovjet idők 50-es 60-as éveinek erőltetett szűzföld-feltérési programja során vontak szántóföldi művelés alá.

Kazahsztáni látogatásom ideje július közepére esett. Sikerült egy itthoni kánikulai szakasz elől elmenekülni a hűvös Asztanába. Ott a napi maximum hőmérséklet $17\text{--}20$ fokig emelkedett csak, de a záporos időszakokban mindössze $14\text{--}15$ fokig. Körülbelül az év fele tekinthető télnek, amikor a hőmérséklet a negatív tartományban tartózkodik. Emiatt a város folyóját, a lassú folyású Isimet (2. ábra) fél éven keresztül jég borítja. Júliusban néhány elszánt ember meg is mártózott benne. A helyiek mesé-

lik, hogy tapasztalják az éghajlat melegedését, mert télen ma már ritkán csökken $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig a levegő hőmérséklete, általában $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál megáll a süllyedés. A hosszan tartó hideg miatt is nem láthatunk magasra nőtt fákat a városban.

Kazahsztánban több mint hatezer növényfaj él, közülük 515 csak ebben az országban honos. A növényfajok közül 68 fa, 266 bokor, 433 cserje, 2598 évelő fű, 849 pedig egynyári fű. Az erdők az ország területének 1,2%-át (a sivatagi szakszaulerdők és bozótosok beleszámításával 4,2%-át) teszik ki.

Kazahsztán a palearktikus állatföldrajzi régióba tartozik. Az állatokat kb. 590 madár-, 178 emlős-, 49 hüllő-, 12 kétlábú-, 107 hal- és legalább 30 ezer rovarfaj képviseli. Jellemző madarak a szakszaul veréb, amely faj a sivatagi területeken növő szakszaulon él, valamint a Tien-sanban előforduló karvalybagoly. Az emlősök közül megemlítendő a kaszpi foka, amely a Kaszpi-tengerben él, s kagylókkal és halakkal táplálkozik. A tien-sani őz a szibériai őz alfaja, az európai őznél nagyobb testű párosujjú patás. Érdekes alakú kistestű, védett prémes állata az orosz dezmán, vagy más nevén keleti pézsmacickány. Teszté mintegy 20 cm hosszú, a farokhossza kb. ugyanekkora, bundája szürkésbarna. A bobak vagy pusztai mormota rágesáló emlős, a mókusfélék családjába tartozik. A pusztai róka vagy korzak közepes méretű rókafaj, a sztyeppéken és fél-sivatagokban él. Kevés vizet igényel, azt zömmel a táplálékából szerzi.

Érdekesség, hogy Karcag városunk neve kun személynévből ered, ami korzakra utal. Legnagyobb testű ragadozója a veszélyeztetett fajok közé tartozó hópárduc, ami az ország nemzeti jelképe is. Hegyvidéki területeken honos macskaféle, 16 méter távolságot is képes ugrani, ezzel csúcstartó a macskafélék között.

Kazahsztán területe gazdag őskori leletekben. Igazolható, hogy az itt élő népek mintegy 12 ezer éve háziastították a kutyát, a Kr. e. 3–4. évezredben pedig a lovat, később a tevé. Valószínű, hogy a hun lovas nomád nép is innen indult a népvándorlás korában. A Kr. u. első évezredben türk népek lakták, területén átvezetett a selyemút. A

mongol hódítás idején beolvadtak az Arany Hordába, amelynek hatalmát Tamerlán (Timur Lenk, Sánta Timur) döntötte meg 1391-ben. 1465-ben alapították a Kazah Kánságot, népük kazahoknak, szabad embereknek nevezte magát. Sokat hadakoztak a szomszédos Dzsungár Kánság ellen. Az oroszok fokozatosan hódították meg az ország területét, míg 1866-ban teljesen uralmuk alá került. A 20. század elején Sztolipin orosz miniszterelnök mintegy félmillió parasztcsaládot telepített Oroszországból Kazahsztánba, ahol jelentős földterületeket kaptak. A kazahok a bolsevik forradalom után a fehéreket támogatták, ezért vezetőik közül a vörösök később sokakat agyon lőttek. Az ekkor kialakult éhínségben több százezer kazah, majd tíz évvel később – a mezőgazdaság erőszakos kollektivizálása után – mintegy másfél millió halt éhen. Sokan Kínába menekültek. 1936-ban Kazah Szovjet Szocialista Köztársaság néven különült el a Szovjetunió belülről. Sztálin számos népcsoportot telepített büntetésből Kazahsztánba.

Kényszermunkatáborokat hoztak létre, ahova a 2. világháború után sok magyar is került. Rózsás János Keszserű ifjúság című kötetében írja le hosszú, 9 évi szenvedésének történetét, melynek során Ekibász-

tuzban (Asztana és Pavlodar között található város, a neve két fej sőt jelent) is dolgoztatták négy évig a neves íróval, Szolzsenyicinnel együtt. Az orosz író az itt szerzett „élményei” alapján írta Ivan Gyenyiszovics egy napja című regényét. Rettenetes lehetett fogolyként a táborban, elképzelhetetlen messze a hazától, a szokásos eleve



1. ábra: Kazahsztán domborzati és vízrajzi térképe (az Aral-tó a régi, teljes medrével látható; az aral szigetet jelent)



2. ábra: Az Isim folyó Asztanában

reménytelen és esélytelen, az embertelen éghajlat (téli mínusz 40 fok) külön próbára tette az embert. Rózsás könyvéből idézek, miért is kerülhettek ide akár szovjet állampolgárok is hosszú idejű kényszermunkára: „német hadifogságért kapott 25 évet Nyikolaj Loszkutov arhangelszki orosz; ...Ivan Jevdokimov 25 évet kapott, mert fogságból hazatérve egy munkásszálláson a Németországban tanult szovjetellenes gúnydalokat adta elő gitárkísérettel.”

A kazahok 1929-ben tértek át az arab írásról a latin betűsre. 1940-ben azonban kötelezővé tették a cirill betűs kazah írást az eloroszosítás jegyében. Az oktatás döntően orosz nyelven folyt. Kazahsztán kormánya 25 latin betűből álló abc-re szándékozik áttérni 2025-ig.



3. ábra: A Nazarbajev Egyetem és az elnöki palota Asztanában

Kazahsztán rendkívül gazdag feketeszénben, kőolajban, földgázban és sokféle érceken, ezért erős iparosítás indult a 30-as évektől, ami együtt járt a környezet kíméletlen kihasználásával, szennyezésével. Az energiafelhasználásuk fele ma még szénen alapul.

Szemipalatyinszk (ma Szemej) volt a Szovjetunió első és legnagyobb nukleáris kísérleti telepe, ahol 40 év alatt legalább 468 légtér és föld alatti kísérleti robbantást hajtottak végre. A radioaktivitás több mint egymillió ember egészségét károsította. 1955-ben kezdődött a bajkonuri katonai kísérleti telep építése, ahol előbb ballisztikus rakétákat lőttek ki, majd az űrkutatás központjává vált. Sztjepnogorszk zárt városban nukleáris és biológiai fejezetek fejlesztése zajlott. Ez utóbbikkal való kísérle-

tezés folyt az Aral-tó egykori szigetén is, aminek a neve Újjászületés-sziget volt.

Az ország mezőgazdasága is igen jelentős. Kiemelkedik az állattenyésztés, hiszen 47 millió juh és kecske, 17 millió szarvasmarha, 5 millió ló és 161 ezer tevé az állományuk. Főbb termesztett növényei a gyapot, a búza és a szőlő.

Kazahsztánban a többi közép-ázsiai volt szovjet tagköztársasághoz hasonlóan az egykori pártfunkcionáriusok mentették át hatalmukat. Szaparmurat Nijazovhoz (a nagy Türkmenbasi, Türkmenisztán egykori elnöke) hasonlóan itt Nurszultan Nazarbajev vezette ki az országot a Szovjetunió széthullása utáni válságból, amivel nagy népszerűségre tett szert. Monumentális elnöki palotája

épült (3. ábra), s a fővárosi egyetemet is – egyebek mellett – róla nevezték el.

1991. december 16-án kiáltották ki függetlenségüket. Ekkor a főváros Almati (egykor Alma-Ata) lett. Hazánk heteken belül felvette a diplomáciai kapcsolatot és 1992 márciusában már nagykövetséget nyitottunk Kazahsztánban. A magyar állampolgárok jelenleg vízum nélkül utazhatnak be az országba. Kazahsztán továbbra is szoros gazdasági kapcsolatokat ápol Oroszországgal, Kínával, gazdag energiaforrásai miatt az Európai Unió is igyekszik jó viszonyt kiépíteni vele.

Kazahsztán fővárosa 1997-től Asztana, a kazah név fővárost jelent. A települést még az oroszok alapították 1830-ban Akmolinszk néven. Hruscsov idején a szűzföld-

program központja lett, ezért 1961–1994 között Celinográdra nevezték át. Ez körülbelül azt jelenti, hogy a cél városa. Ezután rövid ideig Akmola néven jegyezték, ami fehér temetőt jelent.

Asztana az 51. szélességi körön túl fekszik 347 méteres tengerszint feletti magasságon. Szélsőséges kontinentális éghajlat jellemzi, a nyár meleg és hosszú, a tél nagyon hideg, száraz és igencsak hosszán kitart. Az ország legalacsonyabb hőmérsékletét is itt mérték: $-51,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Az itteni maximum hőmérsékleti rekord $41,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. A fővárosban évi átlagban 2500 órát süt a Nap, ami nálunk rekord közeli értéknek felel meg. Az évi csapadékösszeg mindössze 318 mm.

Asztana lakóinak száma egymillió körül jár. További bő-

építési és gépészeti megoldása volt számomra. Persze kíváncsian kerestem fel a magyar pavilont is, aminek az igazgatója egy kazah fiatalember volt, aki Budapesten tanult egyetemen (4. ábra). Így magyarul könnyen szót értettünk. Érdeklődésemre elmondta, hogy bár vannak hasonló szavaink, népeink rokonságának felfedezésére nagyon éles szemek és fülek szükségesek. Hasonló alakú és jelentésű például: atya–**ата**, anya–**ана (ana)**, tenger–**теңіз (tengiz)**, kalap–**қалпак (kalpak)**, teve–**түйе (tuje)**, kicsi–**кіші (kisi)**, de mást jelent például a **қабат (kabát)**–emelet. Az egykori keleti lovas nomád testvéri népek mai hagyományörző rendezvénye a Kurultáj, ami törzsi gyűlést jelent. Magyarok először 2007-ben vettek részt rajta Kazahsztánban. Azóta rendszeresen két évente



4. ábra: A magyar pavilon igazgatójával a szerző; valamint hazánk neve kazahul, angolul és oroszul

vítést is terveznek, mert hatalmas új lakótelepeket építenek a bőven rendelkezésre álló szabad területeken. A helyi tömegközlekedést autóbuszokkal oldják meg, de a taxi sem túl drága. Nemzetközi repülőtérén az új terminál 2005-ben nyílt meg. 2017 júniusától a Wizz Air is indít közvetlen járatokat Budapestre, ez nyilván az Asztanai Világkiállításnak köszönhető, amit 2017 nyarán rendeztek. Az expo fő üzenete a jövő energiájának bemutatása volt. Alkalmam nyílt egyik nap megtekinteni a világkiállítást. Legérdekesebb talán a hatalmas gömb alakú épület

hazánkban rendezik, amin részt vesznek a kazahsztáni Madjar törzs tagjai is.

Megemlítem még, hogy 1986-tól néhány éven át az Országos Meteorológiai Szolgálat több munkatársa dolgozott a Vegyész vállalat beruházásának meteorológiai kiszolgálásán Tengizben, a Kaszpi-tenger északkeleti partvidékén. Ezekről a tapasztalatokról ajánlom szíves figyelmükbe Szudár Béla: Meteorológus honfoglalás Tengizben című hangulatos írását, ami a Léggör 1987. évi 1. számában jelent meg.

2018 TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF SPRING 2018

Hoffmann Lilla

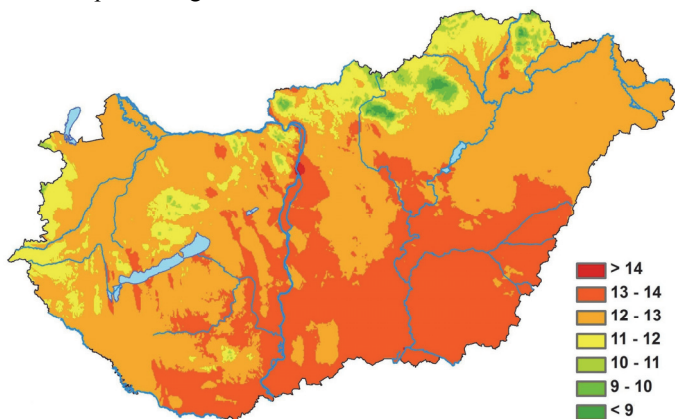
Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., hoffmann.l@met.hu

2018 tavasza az átlagosnál 1,8 °C-kal volt melegebb. A március átlag alatt, az április és a május pedig felette volt. Az április a legmelegebbnek, míg a május a 3. legmelegebbnek adódott 1901 óta, 0,1 °C-kal maradt el a legmelegebb májustól (2003). A tavasz a 3. legmelegebb volt. Az ország egész területét pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte. Budapest környéke volt a legmelegebb, a háromhavi középhőmérséklet értéke itt meghaladta a 14 °C-ot, leghidegebb az Északi-középhegység magasabban fekvő területei voltak (9 °C alatt). A május, de különösen az április meglehetősen száraznak bizonyult, a regisztrált csapadékmennyiség májusban a normál 81%-a, áprilisban pedig mindössze 36%-a volt. Márciusban a megszokott mennyiség mintegy két és félszerese hullott le, és ezzel a 3. legcsapadékosabb március volt 1901 óta. 2018 tavaszán 7%-kal volt több csapadék. A Bakonyban, Délnyugat-Dunántúlon és az Őrség területén az évszakos csapadékösszeg meghaladta a 220 mm-t, míg az Északi-középhegység egyes területein a háromhavi csapadék 100 mm alatt maradt.

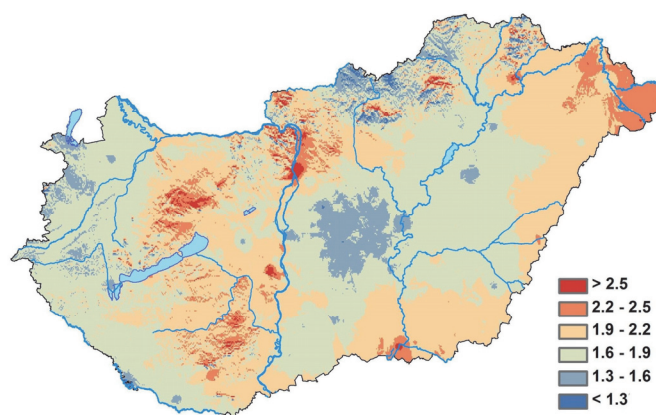
Március. Az országos a havi középhőmérséklet 3,3 °C volt, s ezzel a 26. leghidegebb március 1901 óta. Melegebb régiók csupán a délnyugati országrészben és foltokban a Balaton környékén jelentkeztek. Hűvösebb körzetek az Északi-középhegység magasabban fekvő részein fordultak elő, itt 0 – -1 °C közötti átlagokat jegyeztünk. Az ország egész területén az 1981–2010-es sokévi átlag alatt alakult a hőmérséklet. A leghidegebb régiók a Bakony és a Zempléni-hegység területén jelentkeztek. Itt mintegy 3 °C-kal volt hidegebb a normál időszakhoz képest. A legkisebb eltérést foltokban a Mátra területén és a

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
38,4 mm, Pécs Árpád-tető (Baranya megye), március 17.

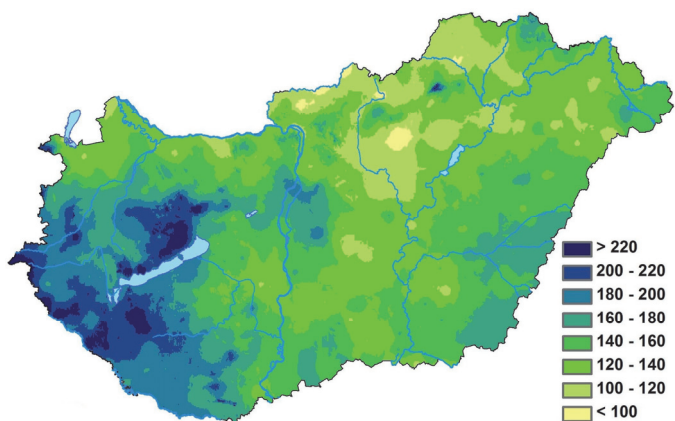
Április. Az ország nagy részén 15–16 °C között alakult a havi átlaghőmérséklet. Az országos sokévi átlag mintegy 4,6 °C-kal haladta meg, és ezzel a legmelegebb áprilist tudhattuk magunk mögött 1901 óta. A legmelegebb területek az Alföld nagyobb régióiban, a leghűvösebb területek pedig az Északi-középhegység részein, valamint a Bakonyban és a nyugati határszélen jelentkez-



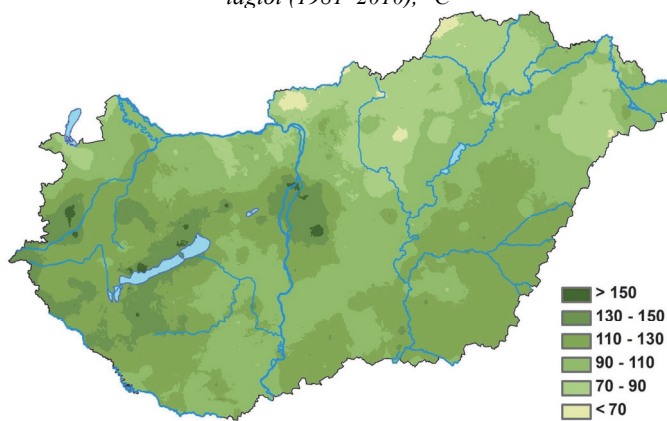
1. ábra: A 2018-as tavasz középhőmérséklete, °C



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



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



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

délnyugati határszélen lehetett megfigyelni. 16 fagyos nap volt, ami 3-mal több az átlagosnál. A szokásos 1 helyett 4 téli nap fordult elő.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

22,2 °C, Pítvaros (Csongrád megye), március 31.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-24,6 °C, Sátorhely (Baranya megye), március 1.

Országos csapadékatlag 85,2 mm volt, a szokásos 246%-a, a 3. legcsapadékosabb 1901 óta. A legtöbb (a sokévi átlag 240–320%-a) az Alföldön, a Dunántúlon, a legkisebb a Mosoni-síkságon és foltokban az Északi-középhegység területein (100–120%) jelentkezett. 15 csapadékos napot regisztráltunk, ami 6 nappal több, mint a sokévi átlag.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

144,4 mm, Mesztegyő (Somogy megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

35 mm, Rajka (Győr-Moson-Sopron megye)

tek. Az országban mindenhol az 1981–2010-es sokévi átlag felett alakult az áprilisi középhőmérséklet. A legnagyobb eltérés a Mátra területén, Budapest környékén és a Mezőföld déli részén jelentkezett. Ezeken a területeken 5–6 °C-kal haladta meg a középhőmérséklet a sokévi átlagot. A legkisebb eltérés az Ipoly mentén adódott, de még itt is 3 °C-kal volt melegebb az átlagnál. A szokásos 3 fagyos nappól idén áprilisban egy sem fordult elő, nyári napokból viszont (Tmax ≥ 25 °C) 8 is adódott (normál: 1 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

31,4 °C, Kelebia (Bács-Kiskun megye), április 29.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-3,7 °C, Zabar (Nógrád megye), április 3.

Csapadék szempontjából az idei április meglehetősen száraznak bizonyult, országos átlagban mintegy 16 mm csapadék hullott, ami a sokévi átlag 36%-a csupán, és ezzel a 6. legszárazabb áp-

rilis múlt el. A legszárazabb területek a Mátra környékén és az Alföldön jelentkeztek, ahol a havi csapadékösszeg 0–5 mm között alakult. A legcsapadékosabb részek a Kisalföldön, a Bükkben, a Zempléni-hegységben és a Belső-Somogy területén voltak. Az áprilisi csapadékösszeg ezeken a területeken 50–55 mm-nek adódott. A sokévi átlaghoz képest a legkevesebb csapadék a Mátrában és az Alföld déli részén jelentkezett (a normál 5–15%-át jegyeztük). A legcsapadékosabb terület a Kisalföld volt, itt az átlag 120–140%-át regisztráltuk.

Csapadékos nappól a szokásos 10 nap helyett 7 jelentkezett.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

62,3 mm, Győrsövényház (Győr-Moson-Sopron megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

1,1 mm, Ludas (Heves megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

36 mm, Koroncó (Győr-Moson-Sopron megye), április 12.

Május. A szokásosnál 2,9 °C-kal volt melegebb az idei május, és ezzel a 3. legmelegebb 1901 óta. 0,1 °C-kal maradt el a valaha mért legmelegebb, 2003-ban mért középhőmérséklet. Ez a közép 18–19 °C között alakult hazánk jelentős részén. Ennél hidegebb csupán az Északi-középhegység magasabban fekvő területein volt. Magasabb hőmérsékleti értékek Budapest és Szeged környékén, a Duna alsó szakaszán és a Tiszazug területén jelentkeztek. 18 nyári napot regisztráltunk a hónap során, ami 9 nappal több a normálnál. Idén

májusban 2 hőségnap ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$) is volt. Normál: 1 nap.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

32,9 °C, Sajópuspöki (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), május 31.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

2,4 °C, Zabar (Nógrád megye), május 7.

A csapadék tekintetében a május a szokásosnál szárazabb volt. A havi csapadékmennyiség országos átlagban 50,3 mm, ami a sokévi átlag mintegy 81%-a. A havi csapadékmennyiség területi eloszlása változatos képet mutat. A legtöbb csapadékot az Alpokalján jegyeztük, a csapadékmennyiség értéke meghaladta a 120 mm-t is. A legkisebb csapadékösszeg a Solti-síkság területén és foltokban a Börzsöny környékén jelentkezett. Ezeken a területeken mindössze 10–15 mm-t regisztráltunk. Az ország jelentős részén átlagosan a normál érték 60–80%-a hullott, foltokban jelentkezett csapadéktöbblet is, mely kis területen meghaladta a 160–200%-ot. A Solti-síkság és a Börzsöny egyes részei szárazabbak voltak az átlagnál, ezeken a területeken a sokévi átlag 20–30%-a hullott le csupán. A 11 csapadékos nap helyett országos átlagban 9 nap jelentkezett a hónapban. Zivataros nappól a sokévi átlagnál 3-mal többet, 6-ot regisztráltunk.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

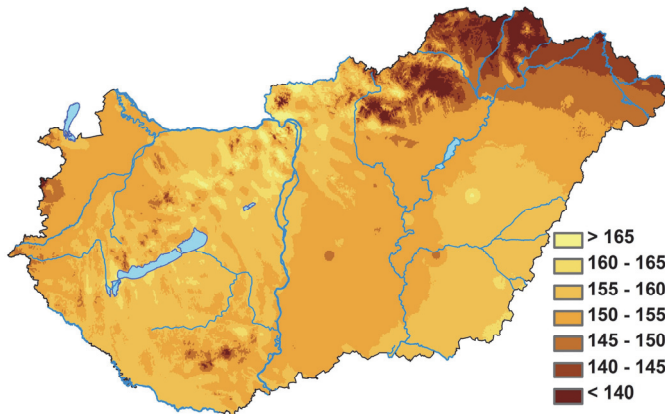
159,4 mm, Vasvár (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

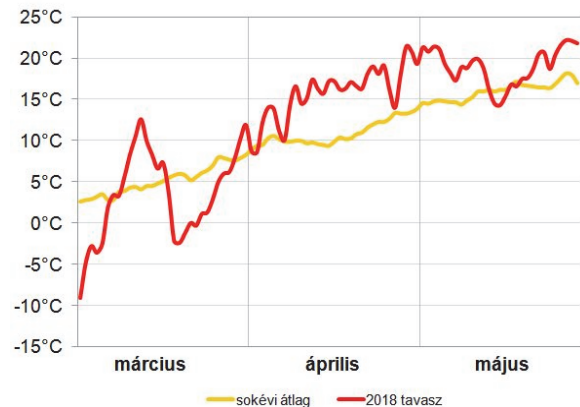
7,4 mm, Simontornya (Tolna megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

82,4 mm, Bánkút (Heves megye), május 27.



5. ábra: A 2018-as tavasz globálsugárzás összege, kJcm^{-2}



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

Hőmérsékleti rekordok:

- Március 22-én, több mint 3 °C-kal megdőlt a hidegrekord, Nyírlugoson -15,2 °C-ig süllyedt a hőmérséklete (korábbi rekord: 2003. Zabar, -12 °C).
- 2018. április 12-én megdőlt az országos és a budapesti melegrekord. **Pakson 27,8 °C-ot, Újpesten 26,9 °C-ot** mértek. Az eddigi országos rekord 27,7 °C volt, amelyet *Békéscsabán 1983-ban* mértek, illetve a korábbi, 2009-es fővárosi rekordot (25 °C) *Budapest belterületén* regisztrálták.
- Április 29-én új országos melegrekord született. A 2012-ben *Győrben* és *Nyíregyházán* mért **30,6 °C-ot** nem egy, hanem mintegy húsz mérőállomáson is meghaladta a napi maximumhőmérséklet. A legmagasabbat **Kelebián** és **Sátorhelyen** regisztráltuk, ott **31,4 °C-ig** melegedett fel a levegő.
- 2018. május 4-én megdőlt az országos melegrekord. Az eddigi országos rekord 32,0 °C volt, amelyet *1946-ban Kaposváron* mértek. Az új rekordot mostantól **Edelény** tartja, ahol **32,3 °C-ig** emelkedett a hőmérséklet.

2018. tavasz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm^{-2}		Hőmérséklet, °C					Csapadék, mm			Szél ($f_{\bar{x}} \geq 15 \text{ ms}^{-1}$)
	évszak összes	eltérés	évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %- ában	$r \geq 1 \text{ mm}$ napok	
Szombathely	682,2	133,9	155	12,2	1,9	28,9	04.29	-16,3	03.01	178,4	134,7	20	7
Nagykanizsa	-	-	153	12,2	1,8	29,6	05.31	-19,2	03.01	179,6	108,7	25	4
Pér	-	-	157	13,3	2,0	31,0	05.31	-16,6	03.01	183,6	138,9	25	11
Siófok	-	-	-	12,4	-	29,8	05.31	-20,9	03.01	106,3	79,0	20	7
Pécs	702,7	111,4	159	13,1	1,8	29,0	05.02	-16,2	03.01	227,9	150,0	26	4
Budapest	662,7	64,5	147	13,4	1,9	30,2	05.31	-12,1	03.01	140,2	106,1	22	2
Miskolc	699,9	128,0	147	12,6	2,1	31,1	05.31	-13,2	03.01	154,0	108,7	20	0
Kékestető	637,2	79,9	149	7,7	2,2	23,2	05.31	-15,8	03.01	160,3	76,1	23	23
Szolnok	627,5	40,8	164	13,1	1,7	31,0	05.31	-11,1	03.01	103,4	80,9	12	7
Szeged	721,4	145,2	158	13,4	2,0	30,7	05.02	-19,6	03.01	162,1	136,6	22	7
Nyíregyháza	-	-	157	13,0	2,2	31,6	05.02	-13,4	03.01	101,1	77,5	19	8
Debrecen	788,4	185,8	157	13,1	2,0	31,1	05.02	-15,9	03.01	137,5	93,5	20	2
Békéscsaba	-	-	165	13,1	1,8	30,7	05.31	-13,3	03.01	151,8	107,1	21	4

