LÉGKÖR

66. évfolyam 2021. 4. szám





Ködből kibukkanó Kőröshegyi Völgyhíd, ködívvel és glóriával. Kostya Bánk, 2021. november 21.



A Bükk magasabban fekvő részein 30 cm hó hullott október 14-ére virradó éjszaka. A lombokra rakódó jelentős hóterhet nem bírták el a fák. Fehér Sas Panzió, Bánkút, 2021. október 14.

LÉGKÖR

66. évfolyam
2021. 4. szám

Szerkesztőbizottság:

Fejes Edina főszerkesztő
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

Barcza Zoltán
Bartholy Judit
Bíróné Kircsi Andrea
Dobi Ildikó
Gál Tamás
Haszpra László
Kolláth Kornél
Lakatos Mónika
Péliné Németh Csilla
Sarkadi Noémi
Somfalvi-Tóth Katalin
Szépszó Gabriella
Szintai Balázs
T. Puskás Márta

Szabó Bernadett olvasó szerkesztő
Szabó Dorottya kiadványszerkesztő, grafikus

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
Premier Nyomda
Budapest
600 példányban
Felelős vezető:
Király Attila

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

hupcc HUNGARIAN SCIENTIFIC PANEL ON CLIMATE CHANGE

Az I. Országos Interdiszciplináris Éghajlatváltozási Tudományos Konferencia (HuPCC) előadásainak anyagaival

TARTALOM

CÍMLAPON: Tél Pilisszentkereszten (Szomoru Miklós felvétele)
BELSŐ BORÍTÓK: Kolláth Kornél, Lakatos Mónika: **Évszakos fotógaléria**

TANULMÁNYOK

Barta Károly, van Leeuwen Boudewijn, Szatmári József, Blanka Viktória, Kovács Ferenc, Ladányi Zsuzsanna, Mezősi Gábor, Rakonczai János, Sipos György, Szilassi Péter, Tobak Zalán, Fiala Károly, Benyhe Balázs, Fehérváry István: **A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában** 4

Bolla Bence: **Erdészeti meteorológiai mérőhálózat, mint az erdővédelmi mérő- és megfigyelő rendszer alrendszere** 13

Fazekas András István: **A globális szén-dioxid-kibocsátást generáló fő hajtóerők** 15

Fajzi György: **KLÍMASZORONGÁS – Bénító vagy inspiráló?** 24

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter: **A 2021. évi tavi viharjelzési szezonról** 28

KRÓNIKA

Németh Ákos: **Közel negyedszázad az OMSZ gazdasági vezetőjeként** 34

Fejes Edina: **Hírek** 38

Szolnoki-Tótiván Bernadett: **2021 őszének időjárása** 40

Dobi Ildikó: **A 2021 évi fizikai Nobel-díj átadásról** 43

Szerzőink figyelmébe 44

Sarkadi Noémi: **Kislexikon** 45

Éves tartalomjegyzék 46

LIST OF STUDIES

Barta Károly, van Leeuwen Boudewijn, Szatmári József, Blanka Viktória, Kovács Ferenc, Ladányi Zsuzsanna, Mezősi Gábor, Rakonczai János, Sipos György, Szilassi Péter, Tobak Zalán, Fiala Károly, Benyhe Balázs, Fehérváry István: **Possibilities of monitoring near-surface water resources for the purpose of the assessment of extreme water management situations (drought, inland excess water)** 4

Bence Bolla: **Forest meteorological monitoring system as the subsystem of forest protection, measuring and monitoring system** 13

András István Fazekas: **Main Drivers of the Global CO_2-Emission** 15

György Fajzi: **CLIMATE ANXIETY – Paralysing or inspiring?** 24

Ágota Zsikla, Eszter Szilágyi: **About the 2021 Lake Storm Warning Season** 28

A FELSZÍNKÖZELI VÍZKÉSZLETEK MONITORINGJÁNAK LEHETŐSÉGEI A SZÉLSŐSÉGES VÍZHÁZTARTÁSI HELYZETEK (ASZÁLY, BELVÍZ) ÉRTÉKELÉSÉNEK SZOLGÁLATÁBAN

POSSIBILITIES OF MONITORING NEAR-SURFACE WATER RESOURCES FOR THE PURPOSE OF THE ASSESSMENT OF EXTREME WATER MANAGEMENT SITUATIONS (DROUGHT, INLAND EXCESS WATER)

Barta Károly[1]*, van Leeuwen Boudewijn[1], Szatmári József[1], Blanka Viktória[1], Kovács Ferenc[1], Ladányi Zsuzsanna[1], Mezősi Gábor[1], Rakonczai János[1], Sipos György[1], Szilassi Péter[1], Tobak Zalán[1], Fiala Károly[2], Benyhe Balázs[2], Fehérváry István[2]

[1] Szegedi Tudományegyetem Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6720 Szeged Egyetem u. 2.

[2] Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, 6720 Szeged, Stefánia 4.

**barta@geo.u-szeged.hu*

Összefoglalás: Tanulmányunkban azon kutatásokat szeretnénk bemutatni dióhéjban, melyek a Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén (jelenleg Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék) az utóbbi 15 évben a felszín közeli vízkészletek monitoringjának lehetőségeivel foglalkoztak. Ezek célja a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) számszerűsítése, értékelése volt és eszköztárában mind a talajvízszint és talajnedvesség párhuzamos mérése, mind komplett meteorológiai és talajnedvesség-mérő állomások kiépítése, mind pedig a távérzékelés segítségével történő belvízborítás- és talajnedvesség-becslés szerepel. A jobbára uniós forrásokból finanszírozott kutatások számos tanulmányban, cikkben és kötetben megjelentek, itt most azok közül csak a legfontosabb eredményeink ismertetésére vállalkozunk, illetve bemutatjuk, hogy kidolgozott eszköztárunk milyen operatív tevékenységekben hasznosul.

Abstract: In our study, we present our research on the possibilities of monitoring near-surface water resources that has been conducted during the last 15 years at the Department of Physical Geography and Geoinformatics of University of Szeged (currently Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography). The aim of these investigations was to quantify and assess extreme water management situations (drought, inland excess water), and its tools included the parallel measurement of groundwater level and soil moisture, the construction of complete meteorological and soil moisture measuring stations, and the estimation of inland excess water cover and soil moisture by remote sensing. The research, mostly financed by EU funds, has been published in many studies, articles and books. Here, we only present the most important results, and show in what operational activities our developed toolkit is applied.

1. Bevezetés

A klímaváltozás egyik káros hatása a szélsőséges vízháztartási helyzetek gyakoriságának és intenzitásának fokozódása, mely a Kárpát-medence síksági térszínein elsősorban a mezőgazdaságot sújtó aszályok és belvizek formájában jelentkezik (*Kozák*, 2011; *Fiala et al.*, 2014; *Mezősi et al.*, 2017). Tanszékünk (Szegedi Tudományegyetem Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék) több mint 15 éve foglalkozik e két jelenséggel, s a kutatások egyik fókusza az aszály és a belvíz monitoringja, valamint előrejelzése.

1.1. A belvízről röviden

A belvíz az antropogén tájátalakítás által életre hívott fogalom. Eredete szerint a két leggyakoribb típusa a megemelkedő felszín alatti vízből származó belvíz (feltörő belvizek), illetve a természetes vagy antropogén okokra visszavezethető gátolt elfolyás és/vagy beszivárgás következtében a felszíni mélyedésekben összegyűlő, a talajvíztől független, vagy azzal maximum kapillárisan kommunikáló ún. összegyülekezési belvíz (*Pálfai*, 2004; *Rakonczai et al.*, 2011). Eredetének ismerete azért is fontos, mert mind a rendelkezésre álló vagy éppen elvezetendő vízmennyiséget, mind a belvíz elleni védekezés miként jét ez határozza meg. Az utóbbi évtizedekben számos módszer került kidolgozásra, melyek célja alapvetően a belvíz-veszélyeztetettség területi eloszlásának megállapítása. Ezen módszerek segítségével több alföldi területre kisméretarányú térképek készültek (*Thyll* and *Bíró*, 1999; *Köröspartiet al.*, 2009; *Laborczi et. al.*, 2020). Egy-egy csapadékos időszakban az előbb említett veszélyeztetettségi térképek méretarányánál jóval kisebb léptékben fontos lenne a belvizek menynyiségét és megjelenési helyét is előre jelezni. Az előrejelzéshez és a monitorozáshoz elengedhetetlen egy nagy felbontású domborzatmodell, illetve a talajvíztükör mélységének az ismerete. Ezen túlmenően az összegyülekezési belvíz előrejelzéséhez az alapvető talajtani paraméterek ismerete mellett a vízháztartási elemek (csapadék, beszivárgás, párolgás, talajnedvesség stb.) nagy időfelbontású monitoringja is szükséges.

1.2. Az aszály – fókuszban a talajnedvesség

Aszályon olyan vízhiányos helyzetet értünk, mely során az átlagosnál kevesebb csapadék nem képes kielégíteni a szokásos vízigényeket. Az okozott hatások szerint értelmeznek meteorológiai (*Palmer*, 1965; *Faragó et al.*, 1989), talaj- vagy mezőgazdasági (*Maracchi*, 2000) és hidrológiai aszályt (*Pálfai*, 2002; *Hisdal* and *Tallaksen*, 2003) is. Bár a belvizek által okozott kár rendkívül látványos, mégis sokkal pusztítóbb hatása van az élethez nélkülözhetetlen víz hiányának. Becslések szerint hazánkban egy-egy aszályos évben 10–15-szörös kár keletkezik egy-egy belvizes évhez viszonyítva. Az utóbbi 110 évben a Kárpát-medencében 1,1 °C-os melegedést és közel 5%-os csapadékcsökkenést regisztráltak (https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/), tehát a vízhiány egyike a legnagyobb természeti veszélyeknek, mely komoly károkat okoz a gazdaságban, különösen a mezőgazdaságnak az aszályos években. A direkt mezőgazdasági károkon túlmenően a vízellátásban is komoly zavarokat okozhat, és nem elhanyagolható a humánegészségügyi kockázata sem. Éppen ezért a kutatás, a monitoring és az előrejelzés egyre nagyobb jelentőségű (*Blanka* and *Ladányi*, 2014). Az aszály számszerűsítésére több mint 100 indexet dolgoztak ki (*Zargar et al.*, 2011), melyek közül a legfontosabbakat napi, heti vagy havi frissítésben a European Drought Observatory honlapján is megtekinthetünk (https://edo.jrc.ec.europa.eu).

Az aszály kialakulásának és erősségének kulcsparamétere a csapadék mennyisége, annak idő- és térbeli eloszlása. A csapadék, illetve a csapadékhiány mellett a másik fontos meteorológiai tényező a párolgás, mely leginkább a besugárzástól függ, de jelentős szerepet játszik benne számos egyéb tényező is. Hazai tapasztalatok szerint a legsúlyosabb aszály akkor alakul ki, ha a nyári hosszú csapadékszegény időszak nagy hőséggel párosul. Ezt súlyosbíthatja, ha a megelőző téli félév is az átlagosnál kevesebb csapadékkal volt jellemezhető.

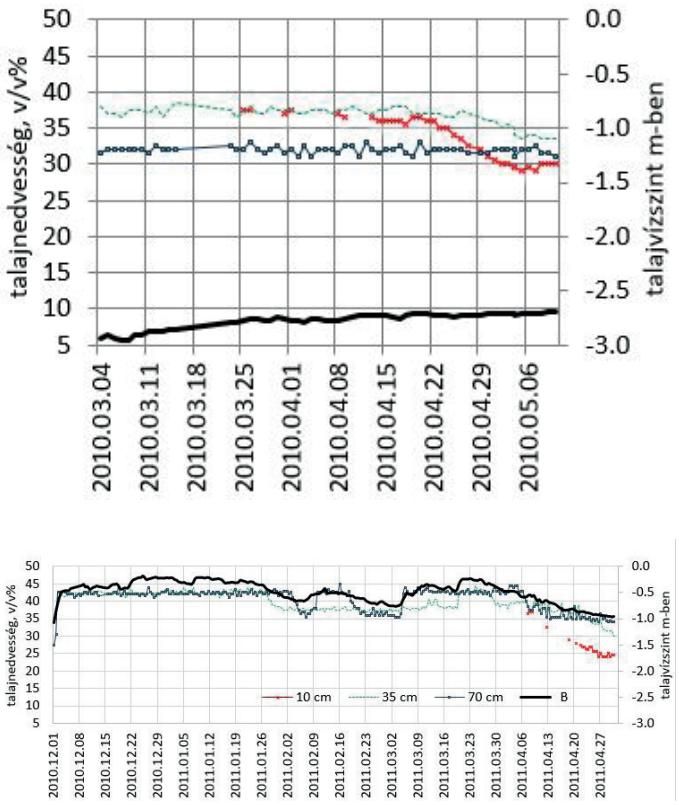
A meteorológiai paraméterek mellett a talajban tárolt nedvességkészlet a legjelentősebb tényező az aszály súlyosságának kialakításában. Ezt az aktuális és a megelőző időszak hidrometeorológiai jellemzőin kívül a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai (kötöttség, porozitás, pF-görbe, hidraulikus vezetőképesség stb.) is befolyásolják. Magyarországi viszonyok között a csernozjom talajok rendelkeznek a legkedvezőbb tulajdonságokkal, míg a homoktalajok és az agyagtalajok hasznosítható vízkészlete sokkal hamarabb kimerül, azaz aszályérzékenyebbek (*Stefanovits*, 1992; *Várallyay et al.*, 1980).

2. Módszerek/projektek a belvíz és az aszály jobb megértése érdekében

2.1. Belvíztípusok elkülönítése terepi monitoring-állomások segítségével

A BELVÍZ-INFO rendszer kifejlesztése című GOP-1.1.1-08/1-2008–0025 sz. projekt részeként Tanszékünk olyan komplett monitoringrendszert dolgozott ki, mely elsődleges célja a belvíz képződési mechanizmusának alaposabb megismerése, illetve a mérési adatsorokból a várható elöntések előrejelzése volt. Az előrejelzésen túlmenően kíváncsiak voltunk, hogy az adott módszer alkalmas-e arra, hogy elkülönítsük a feltörő és az összegyülekező belvizeket, és megállapítsuk a talajvízszint emelkedésében, illetve a belvíz kialakulásában szerepet játszó tényezők súlyát (a helyi beszivárgás, az oldalirányú áramlás, a talajfagy stb. szerepét). A kiépített komplett mérőállomások az alábbi mérőeszközöket tartalmazták: 1 db billenőkanalas csapadékmérő; 2 db súlyliziméter vízzel, illetve talajjal megtöltve; 1 db 50 cm hosszúságú talajhőmérő-lándzsa (5 mélységben méri a talaj hőmérsékletét); 3 db TDR-alapú talajnedvesség-mérő (10, 35 és 70 cm-es mélységben); 1 db talajvízszint-mérő DATAQUA-szenzor. A mérőállomás összeállítását a Boreas Kft. végezte, és a komplett monitoringállomás órás gyakorisággal mért (*Barta*, 2013).

A módszert a Dél-Alföldön, marosszögi mintaterületen teszteltük. A kiválasztott mintaterületről annyit érdemes tudni, hogy a Tisza és a Maros összefolyásánál elhelyezkedő mélyfekvésű terület, melyet jobbára agyag és nehézagyag fizikai féleségű folyóvízi üledékek építenek fel (*Dövényi*, 2010), tehát egyaránt hajlamos feltörő és összegyülekezési belvíz képződésére is. A több mint másfél éves adatsorunkból itt csak a 2010. március-májusi és a 2010 decemberétől 2011 májusáig tartó két periódust emelnénk ki, melyek jól reprezentálják a két eltérő típusú belvízképződést (*1. ábra*).



1. ábra. Összegyülekezési (fenn) és talajvíz eredetű belvizek (lenn) melletti talajnedvesség-értékek 10, 35 és 70 cm-es mélységben, illetve talajvízszintek a két folt közelében, azoknál néhány 10 cm-rel magasabban.
B: talajvízszint a belvízfolt közelében.

A diagramok értelmezéséhez mindenképpen fontos tudni, hogy a mérőállomás az adott terület egyik magaslatára lett telepítve, hogy még a legnagyobb belvizek idején is a felszíni egységei szárazon maradhassanak. Ez szintkülönbségben néhány 10 cm-t jelent, de ennek köszönhetően a belvizek nem pozitív vízállásként, hanem 0–50 cm-es talajvízszintként jelennek meg. A 2010-es tavaszi periódusban jól beazonosítható az összegyülekezési eredet: a talajvíz mélyen alatta van a felszíni belvízfoltnak, és nem befolyásolja az időszak utolsó negyedében sem a talaj kiszáradását. A nedvességszenzorok közül a 70 cm-es mélységben lévő mutatja a legalacsonyabb értékeket, mely jól jelzi a korlátozott beszivárgást. Ugyanakkor a 2010–11-es időszakban egy feltöltő belvíztípust azonosíthatunk, ahol a mélység szerinti differenciált kiszáradást a talajvízszint determinálja.

Mit jelent mindez vízkészletek szempontjából? Az összegyülekezési belvíz esetében 200–250 mm hasznosítható víz tározódik a talajban, míg talajvízeredet esetén ez az érték 400-450 mm közötti (*Barta*, 2013). Amennyiben ezek könnyen eltávolítható részét el akarjuk vezetni, az első esetben hektáronként 1000–2000 m^3 vízmennyiséget, második esetben pedig 3000–3500 m^3-t kell megmozgatnunk. Ugyanakkor ha potenciális vízkészletként tekintünk ezekre a mennyiségekre, a talajvíz eredetűnél sokkal bőségesebb víztartalékokkal számolhatunk, míg az összegyülekezési esetben, egy aszályra sokkal érzékenyebb szituációval állunk szemben, ahol a nyári meleg beköszöntével kb. egy hónap alatt elpárolog ez a tartalék, és a mély talajvízszint miatt a vízkészlet elapadása nem folyamatos, hanem a beázási mélység kiszáradásával gyakorlatilag egyik napról a másikra megtörténik (ld. „ledugaszolt üveg effektus”, *Várallyay*, 2008).

2.2. MERIEXWA talajvízszint-megfigyelő monitoring hálózat

A monitoring hálózat kialakítása a MERIEXWA (HUSRB/1202/121/087) szerb-magyar projekt keretében valósult meg 2012–2013 során.

A mintaterület kiválasztásának legfőbb szempontja a belvíz-veszélyeztetettség volt. E határon átívelő probléma érinti mind a Tisza bal parti területeit, mind a jobb parti területeket Magyarországon és Vajdaságban egyaránt. Így esett választásunk a Duna-Tisza-közi hátság DK-i részére és határon túli folytatására, a Marostól északra elterülő Marosszögre, a Maros déli oldalán található Torontálra, illetve a vajdasági oldalon Bánát területére. A különböző domborzati, földtani és talajtani adottságokkal rendelkező területeken a belvíz kialakulásának okai is rendkívül változatosak. A Marost és a Tiszát kísérő alluviumokon (Marosszög, Torontál, Bánát) a rendkívül magas agyagtartalom felelős a belvizek kialakulásáért. Itt egyaránt előfordulnak talajvíz eredetű és összegyülekezési belvizek. A Tiszától nyugatra főként homok és homokos vályog fizikai féleségű üledékeket találunk, s itt a belvíz fő okaként a homokhátság alól kiáramló vizek felelősek (*Dövényi*, 2010). A mintaterület nyugati határának kijelölésénél fontos szempont volt, hogy ne csak a belvízveszélyes területeket monitorozzuk, hanem azokat a magasabban fekvő tápláló területeket is, melyek emelkedő talajvízszintjei vélhetően korábban jelzik a belvízhelyzet kialakulását.

A kutak pontos helyének kijelölésénél fontos szempont volt a reprezentativitás és a megbízhatóság. Geostatisztikai értelemben a talajvíz megfigyelése és modellezése akkor tekinthető megbízhatónak, ha a mintázási stratégiából származó információk valósághűen jellemzik a talajvízszintet (*Bárdossy et al.*, 2002). Következésképpen a kúthálózat kialakítási stratégia megtervezésekor figyelembe kell venni (1) az egyes földtani képződmények méretét, alakját, térbeli elhelyezkedését; (2) a képződmény tulajdonságainak térbeli eloszlását és változékonyságát, a tulajdonságok hatástávolságát és anizotrópiáját, továbbá (3) további földtani folyamatok, szerkezetek és környezeti hatótényezők hatásait (*Füst* and *Geiger*, 2011). További szempont volt, hogy a határ mindkét oldalán kialakítandó 25–25 kút (*2. ábra*) a már meglévő országos talajvízszint-monitoring mintaterületre eső kútjaival egységes talajvízszint- és belvíz előrejelző rendszert alkossanak (*Perger*, 1996).



2. ábra. A MERIEXWA projekt keretében telepített egyik talajvízszint figyelő kút Szeged-Tápé külterületén. A kút előtt a vízszint érzékelésére alkalmas akusztikus szenzor látható.

A kutakban alkalmazott vízszintregisztráló két fő komponensből épült fel: egy PROTON mote, mely az adatokat tárolja, és a számítógéppel a kommunikációt valósítja meg, illetve egy akusztikus szenzorkártya, mely 4 egységből áll (hangszóró, mikrofon, hőmérséklet- és páratartalom-érzékelő). A vízszintmérés lényege, hogy a hangszóró által kibocsátott hangjel a talajvíz felszínéről visszaverődve eléri a mikrofont, és a hangkiadástól eltelt idő segítségével a vízszint mélysége számolható (*Szatmári et al.*, 2014).

A megfigyelések és a mérések megbízhatóságát a vizsgált területen a humán és műszaki tényezők (időszakos öntözés, szivattyúzás) kis léptékben jelentősen befolyásolhatják azáltal, hogy egy adott talajvízmérő állomás adatsorát torzítják. Mindezek a térbeli modellezés során a ténylegesnél nagyobb kiterjedésű depressziós tölcsérként jelentkeznek. Az említett hibák esetünkben a folyamatosan végzett méréseknek köszönhetően a talajvíz-idősorokban könnyedén felismerhetők, és egyszerű statisztika módszerekkel szűrhetők (*Bárdossy*, 1997). A korábbi tanulmányok

(*Pálfai*, 2004; *Szalai*, 2011) szerint a talajvíz és a topográfia között szignifikáns kapcsolat feltételezhető, ezért a mérési adatok térbeli kiterjesztésekor segédváltozóként digitális domborzatmodellt (DDM) is alkalmaztunk. A nagyszámú geostatisztikai megoldás közül a kokrígelést (*Isaaks and Srivastava*, 1989), azon belül pedig a nagy információtartalmú, szabályosan mintázott másodlagos adat bevonását megkönnyítő Markov 2 modellt (*Journel*, 1999; *Xianlin* and *Journel*, 1999; *Shmaryan* and *Journel*, 1999) alkalmaztuk. A kollokált kokrígelés Markov 2 modellel történő elvégzésekor a talajvíz variogramm modellje és a talajvíz-DDM kereszt félvariogramm modellje a DDM-ből és a talajvízadatokból analitikusan következik (*Journel*, 1999). Kokrígelés során a GsLib függvénycsomag NEWCOKB3D (*Xianlin* and *Journel*, 1999) algoritmusát, szekvenciális ko-szimulációnál az SGSIM_FC (*Shmaryan* and *Journel*, 1999) módosított verzióját alkalmaztuk.

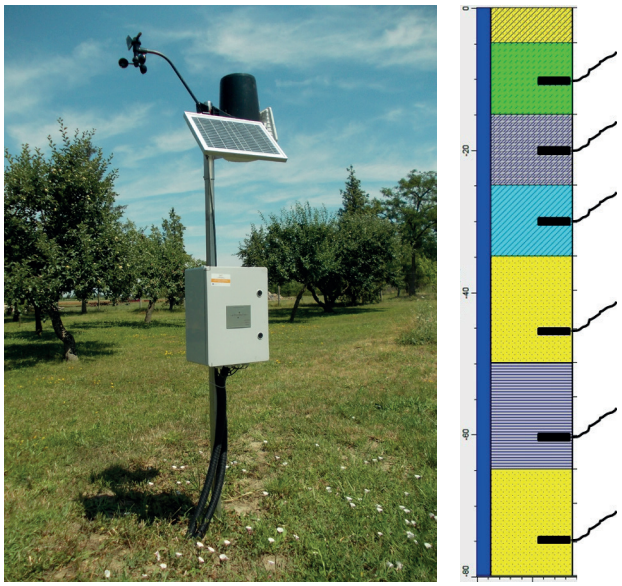
2.3. Pontszerű talajnedvesség-monitoring az aszály számszerűsítésében és előrejelzésében

Mint korábban említettük, az aszály jellemzésében három környezeti tényezőcsoportnak van kiemelt jelentősége (*Pálfai*, 2004): a légköri aszályt meteorológiai paraméterrel (csapadék, léghőmérséklet, páratartalom, szélsebesség), a hidrológiai aszályt a vízfolyások és állóvizek vízállásával, illetve a talajvízszinttel, míg a talajaszályt a különböző mélységekben mért talajnedvesség-adatokkal jellemezhetjük. Egy adott időszak várható aszályosságának előrejelzését alapvetően a meteorológiai előrejelzésekre tudjuk építeni, ennek megfelelően az előrejelzendő időszak hosszának növekedésével jelentősen növekszik annak bizonytalansága is. A mezőgazdaság szempontjából legalább ilyen fontos a talaj nedvességi állapota. Napjainkban egy átlagos nyáron a talaj felső 10–20 cm-e legtöbbször a hervadási pontig kiszárad, de ami számottevően megnöveli az aszály bekövetkeztének valószínűségét, ha már a vegetációs időszak kezdetén legalább 70–80 cm-es mélységig száraz, azaz lényegesen a szántóföldi vízkapacitás alatt maradó talajnedvességet tapasztalunk. Ennek kialakulásának okát általában a megelőző őszi-téli időszak súlyos csapadékhiánya okozza. Önmagában ez természetesen még nem vezet szükségképpen nyári aszályhoz, de amennyiben nem várható az átlagosnál csapadékosabb tavasz és nyárelő, nagyon komoly mezőgazdasági károkra számíthatunk (*Barta et al.*, 2014).

A 2007 és 2013 közötti WAHASTRAT projekt keretén belül a Dél-Alföldön 8 hidrometeorológiai állomást helyeztünk üzembe, melyek célja a meteorológiai paraméterek mérése, a területi különbségek monitorozása, illetve a talajnedvesség mérés segítségével a talajaszály kimutatása és előrejelzése volt. A következőkben röviden bemutatjuk a kiépített monitoringrendszert és az adatokból számítható talajspecifikus vízhiány fogalmát (*Barta et al.*, 2014).

A mérőállomások (*3. ábra*) az alábbi paraméterek mérésére alkalmasak: csapadékmennyiség mm-ben billenőkanalas érzékelő segítségével; léghőmérséklet a felszín felett 2 m-es magasságban °C-ban; relatív páratartalom a felszín felett 2 m-es magasságban %-ban; átlagos szélsebesség a felszín felett 2 m-es magasságban m/s-ban szélkanalas érzékelő segítségével; szélirány fokban; talajnedvesség 6 különböző mélységben (10, 20, 30, 45, 60 és 75 cm). Az alkalmazott talajnedvesség-mérő szenzor (EC-5, gyártó: Decagon Devices, most METER Group) működése a talaj dielektromos állandójának mérésén alapszik, és gyári kalibráció segítségével a talaj aktuális nedvességtartalmát a teljes talaj térfogatának %-ában (v/v%) adja meg. A felsorolt paraméterek mérése órás gyakorisággal történik, értelemszerűen a csapadék- és széljellemzők az elmúlt egy óra értékét, illetve átlagértékeit adják meg.

A kiválasztott helyszínek mindegyikén részletes talajfeltárást végeztünk: szintenként, illetve a talajnedvesség-szenzorokkal megegyező mélységekben mintáztuk a talajtakarót. A talajtani alapvizsgálatok (Arany-féle kötöttség – MSZ 08-0205:1978, pH, összes oldható sótartalom, karbonáttartalom – MSZ 08-0206/2:1978 és humusztartalom – MSZ 21470-52:1983) mellett a szenzorok mélységéből bolygatatlan talajminták segítségével meghatároztuk a térfogattömeget, a maximális és szántóföldi vízkapacitást, a higroszkóposságot, a holtvíztartalmat és a hidraulikus vezetőképességet (*Stefanovits*, 1992).



3. ábra. A WAHASTRAT keretében telepített egyik mérőállomás (Szentes) és az alkalmazott talajszenzorok mélység szerinti eloszlása. A negatív számok a felszín alatti mélységet jelentik cm-ben. A különböző színek azokat a mélységtartományokat különítik el, melyekre a szenzorok által mért nedvességértékeket vonatkoztatjuk.

A mért talajnedvesség-adatok értékeléséhez két indikátort vezettünk be:

1. Egy adott mélységben mért nedvességértéket a vízügyi gyakorlatban használt „vízállás százalékos értéke" alapján az ún. hasznosítható vízkészlet %-os értékével (AW%) jellemeztük. Ezen érték meghatározásához az aktuális nedvességtartalmon (SM, v/v%) kívül az adott talajszint szántóföldi vízkapacitásának (FC, v/v%) és a holtvíztartalmának (WP, v/v%) ismeretére van szükség, és az alábbi képlettel számolható:

$$AW\% = \frac{SM\text{-}WP}{FC\text{-}WP} \times 100 \quad (1)$$

Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogyha az aktuális talajnedvesség megegyezik a szántóföldi vízkapacitással, akkor AW% értéke 100%, ha a talajunk kiszárad holtvíztartalomig, akkor pedig 0% (*Ladányi et al.*, 2021). Közöttük értelemszerűen lineáris skálán mozgunk. Növénytermesztés szempontjából kb. 30%-os AW% érték alatt már nehezen felvehető vízkészletről beszélünk, 20% alatt pedig már elpusztul a növény, még a holtvíztartalom elérése előtt (*Dunay* és *Kalmár*, 1993). Bár kvantitatív úton tetszőleges mélységben és tetszőleges időpontra kiszámolható AW%, mégis ezen indikátor inkább a vízhiány kvalitatív szemléltetésére alkalmas, illetve kiválóan el lehet segítségével különíteni az extrém vízhiányos és extrém vízbő időszakokat.

2. Az operatív beavatkozásokban sokkal jobban használható paraméter a 6 mélységben mért nedvességértékekből számolt „vízhiány" (WD) mm-ben kifejezett értéke. Ennek számszerűsítése úgy történik, hogy a szántóföldi vízkapacitásig történő feltöltődéshez szükséges beszivárgás mennyiségét fejezzük ki mm-ben. Ehhez a felső 3 szenzor esetén 1 v/v%-nyi hiányhoz 1 mm-nyi, az alsó 3 szenzor esetén pedig 1,5 mm-nyi csapadékot rendelünk (*3. ábra*). Egy adott talajszelvény mm-ben kifejezett vízhiányát a 6 szenzor alapján számolt rétegenkénti hiány összegzésével kapjuk meg. Ugyanilyen logika alapján egy-egy csapadékesemény után meghatározható az adott mélységbe leszivárgott vízmennyiség mm-ben. Ezzel azt is ki tudjuk mutatni, hogy a talajtípus és a felszíni hőmérséklet függvényében a lehulló csapadékból hány mm párolog el, illetve „hasznosul".

2.4. Távérzékelési lehetőségek a talajnedvesség területi monitoringjára

A talajnedvesség folyamatos becslése lehetővé teszi a talaj víztartalmában bekövetkező változások dinamikus megfigyelését. A változás trendjeinek és irányainak meghatározása hozzájárulhat az aszály vagy belvíz előrejelzéséhez. Annak ellenére, hogy a talajnedvesség fontos paraméter számos alkalmazásnál, annak széleskörű és/vagy folyamatos mérése ritka (*Patel et al.*, 2009). Egy másik probléma a pontszerű mérések kiterjesztésének korlátozott lehetősége nagyobb területekre. Ezek megoldásában nagy szerepe lehet a távérzékelt adatoknak, melyek nagy területre elérhetőek nagy időbeli felbontással.

A talajnedvesség mérésére két távérzékelési módszer létezik. Az egyik passzív mikrohullámú adatot használ, melynek alapja a víz és a száraz talaj dielektromos állandója közötti nagy eltérés (az előbbi ~80, utóbbi <4). A dielektromos állandó értéke fordítottan arányos a talaj emissziójával. A talaj emisszióját a mikrohullámú műhold adatokból határozzák meg (*Schmugge et al.*, 2002; *Wang*, 2008). A módszer előnye, hogy szilárd fizikai alapja van, és az adatok minden időjárási körülmény között begyűjthetők. A módszer hátránya a jelenlegi passzív mikrohullámú szenzorok alacsony felbontása, valamint a növényzet erőteljes zavaró hatása (*Wang*, 2008; *Vincente-Serrano et al.*, 2004). A másik módszer az elektromágneses spektrum látható, közeli infravörös és termális infravörös sávok adatainak kombinációit használja. A látható és közeli infravörös sávokat arra használják, hogy kinyerjék a növényzet relatív mennyiségét, melyet gyakran a Normalizált Vegetációs Indexszel (NDVI) vagy a növényborítás arányával (Fr) fejezik ki. A termális sáv adatait a földfelszín hőmérsékletének (LST) számítására használják. Ezeknek a módszereknek az alapfeltételezése az, hogy a hasonló növényborítottsággal rendelkező területek közti hőmérsékletkülönbségek oka a talajnedvességükben bekövetkezett változások (*Vicente-Serrano et al.*, 2004). Számos korlátja van a LST-NDVI alapú talajnedvesség méréseknek. A vizsgált terület lehet, hogy nem fedi le a növényzeti osztályok teljes skáláját (a kopár talajtól a sűrű növényzetig), ezért az LST-NDVI teret nem lehet teljes mértékben meghatározni. Továbbá, mivel a módszer alapját a távérzékelt felszíni hőmérséklet (LST) adatok adják, csupán a felső néhány millimétertől 1 centiméterig jellemző talajnedvesség „mérhető", azonban a növényzeten keresztül közvetve a gyökérnedvesség is figyelembe vehető. Az űrfelvételekből származó LST és NDVI értékek hibákat is tartalmazhatnak, amelyek a talajnedvesség index (SMI) számítását befolyásolják (*Carlson*, 2007; *Mallick et al.*, 2009).

A talajnedvesség index (SMI) becslésének alapadatai vegetációs index (MOD13) és felszíni hőmérséklet és emisszió (MOD11) adatok. Ezek ingyenesen letölthetők az USGS Earth Explorer weboldalról (https://earthexplorer.usgs.gov/). A munkánkban MOD13A1 adatokat használtunk, melyek NDVI, EVI vegetációs index, valamint adatminőség (QA) réteget tartalmaznak. Az adathalmaz 16 nap méréseiből tevődik össze a kék, vörös és közeli-infravörös sávokban, térbeli felbontása 500 m. Mindkét indexet atmoszférikusan korrigált, kétirányú felszíni visszaverődési együtthatóból számolják, melyet víz, felhő, erős aeroszol és felhő vetette árnyékokkal javítanak. A második bemenő adat a MOD11A1, mely 1 km-es felbontású napi földfelszín hőmérséklet (LST) réteget tartalmaz.

Az SMI munkafolyamat első lépése az NDVI és adatminőség rétegek importálása a MOD13A1 adatokból. A következő lépésben eltávolítottuk a gyenge minőségű adatokat, kalibrációt végeztünk, és a képet a vizsgált területre vágtuk. Utána a negatív értékek eltávolítása érdekében normalizáltuk az NDVI adatokat, 0 és 1 közötti mutatószámot hozva ezzel létre:

$$F_r = \frac{NDVI\text{-}NDVI_{min}}{(NDVI_{max}\text{-}NDVI_{min})^2} \quad (2)$$

ahol Fr a növényborítás aránya. Az LST és Fr egy képzeletbeli háromszöget alkotnak, ahol a nedves területek alkotják a háromszög alsó részét, és a száraz területek a felső átlót (*Vincente-Serrano et al.*, 2004; *Carlson*, 2007; *Mallick et al.*, 2009; *Patel et al.*, 2009). A következő lépésben az NDVI térképet Fr térképpé alakítjuk, és az Fr értékek egyenlő intervallumokba való besorolásával 10 altérképet hozunk

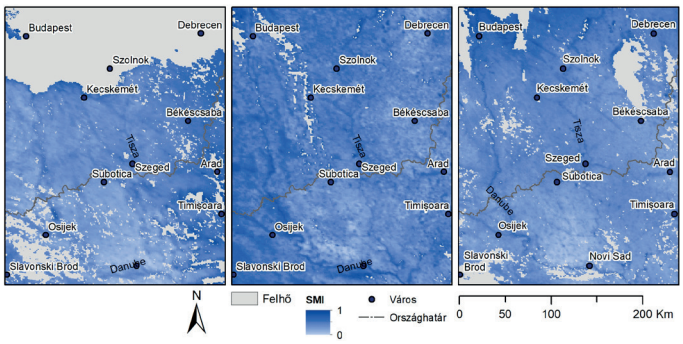
létre növekvő vegetációborítással. A munkafolyamat következő részében az LST térkép előfeldolgozása következik. Az eredeti nappali földfelszíni hőmérséklet értékeket a MOD11A1 adatokból importáljuk, és eltávolítjuk a gyenge minőségű adatokat. Számos LST fájlnál nagy területek maradtak ki, mivel a felhőborításnak köszönhetően nincsenek megfelelő LST értékek. Az LST értékeket szorzó tényezővel korrigáljuk, hogy a hőmérsékleteket Kelvin értékekben kapjuk meg. Ezt követően az 1 000 m térbeli felbontású LST adatokat újraosztályozzuk, hogy egyezzenek az NDVI adatok geometriájával és 500 méteres felbontásával. Végezetül az adatokat a mintaterületre kivágjuk.

A módszer lineáris összefüggést feltételez az LST és a talajnedvesség között egy Fr osztályon belül, ezért mindegyik Fr térkép esetében a legalacsonyabb és legmagasabb LST pixelt választottuk ki. A legalacsonyabb LST értékű pixel egy adott Fr osztályban 1-es talajnedvességi értéket, a legmagasabb pedig 0-ás talajnedvességi értéket kap. Az SMI talajnedvesség értéket az i-edik Fr térkép pixeleire a következőképpen számítjuk:

$$SMI_i = \frac{LST_{min} - LST}{(LST_{max} - LST_{min})} + 1 \qquad (3)$$

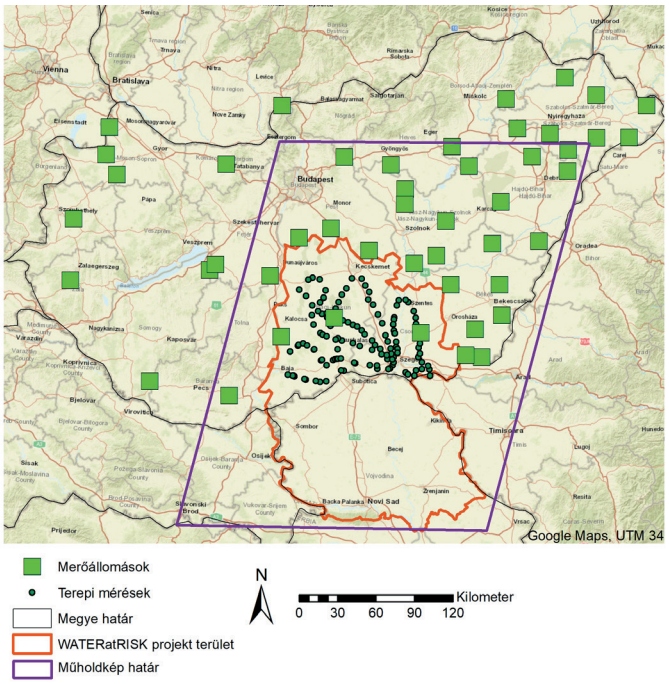
Ennek eredménye egy-egy SMI térkép a 10 db Fr térkép mindegyikére. Az utolsó lépésben az összes SMI_i térképet egyesítjük a mintaterületre. Ez a térkép a terület talajnedvességének területi eloszlását mutatja egy adott időpillanatban, ahol a 0 a legalacsonyabb talajnedvességet jelöli, míg az 1-es a legmagasabbat.

A módszert az Alföld középső és déli részén, illetve a Vajdaság területén teszteltük a 2017. január 1. és 2019. március 29. közötti időszakra vonatkozó adatokkal. A vizsgált 630 napra elő lehetett állítani a műholdas alapú SMI térképeket, de számos térkép felhős napon készült, ezért nagy területek maradtak SMI érték nélkül (*4. ábra*).



4. ábra. Talajnedvesség index (SMI) térképek eltérő mértékű hiányzó adattal (szürke részek) három különböző időpontban – 2017. január 1. (baloldal), 2017. április 25. és 2018. november 12. (jobboldal).

A folyamatos műholdas nedvességértékek és a helyszíni mérések közötti kapcsolat megteremtése érdekében összehasonlítottuk az eredményeket a rendelkezésre álló talajnedvesség mérő állomások és kézi műszerekkel végzett pontszerű mérések értékeivel (*5. ábra*). A talajnedvesség mérő állomások az Országos Vízügyi Főigazgatóság hálózatának részét képezik (https://aszalymonitoring.vizugy.hu/), amely 2019 márciusában 47 állomásból állt, melyből 27 db esett a mintaterületre. A többi mérést FieldScout TDR350 talajnedvesség mérő készülékekkel végeztük. A tervezett méréssorozat 2019. március 27-én zajlott le. Ezen a napon négy csapat indult útnak, hogy a területen 4 útvonal mentén mérjék a talaj nedvességtartalmát. A FieldScout szenzorai közvetlenül v/v%-ban határozzák meg a talaj felső 12 cm-es rétegének átlagos nedvességtartalmát, és a beépített GPS-moduloknak köszönhetően a mérési adatokhoz azonnal hozzárendelik a koordinátáikat is. A mérési pontok kiválasztásánál további fontos szempont volt, hogy olyan méretű parcellákon mérjünk, melyek legalább egy teljes pixelt lefednek a távérzékelt MODIS-felvételeken. Figyelembe véve a képek 250×250 m-es felbontását, minimum 500×500 m-es parcellák kiválasztása volt a cél. Ezek legtöbbje szántó volt, de voltak közöttük legelők, gyümölcsösök (szőlő) és erdők is.



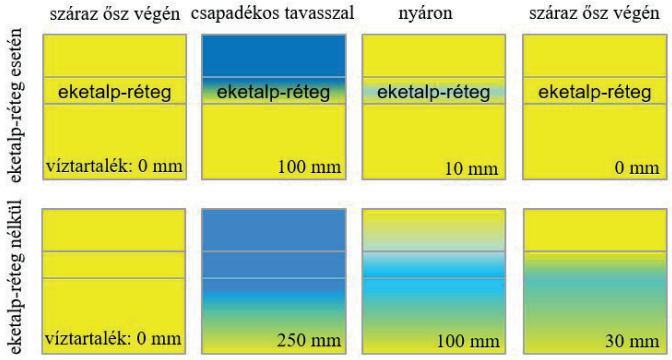
5. ábra. A vizsgált terület a talajnedvesség mérő állomásokkal és a 2019. március 27-i terepi mérések pontjaival.

Eredményeink alapján a műholdas mérések és a helyszíni mérések között nem volt szignifikáns kapcsolatot. Ennek egyik oka az lehet, hogy a helyszíni mérések kis területet reprezentálnak, míg a műholdfelvételek nagy terület adatait integrálják. Emellett sok esetben a két adatkészlet között eltérés is előfordult. Egy másik probléma az volt, hogy a pontméréseket olyan időszakban végeztük, amikor nagyon alacsony volt a talajnedvesség. Lehetséges, hogy nedvesebb időszakban erősebb összefüggés határozható meg.

3. Eredményeink és alkalmazhatóságuk

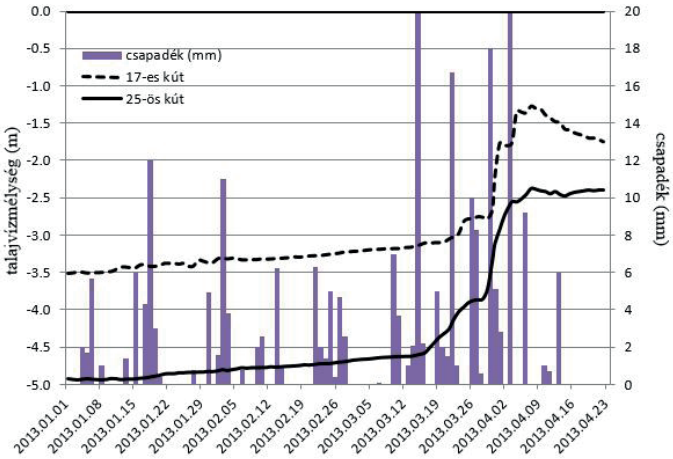
A vázolt kutatásaink eredményeit három önálló kötetben adtuk közre (*Barta et al.*, 2013; *Blanka* and *Ladányi*, 2014; *Ladányi* and *Blanka*, 2014), melyek közül itt most elsősorban a kidolgozott módszerek alkalmazhatóságára koncentrálnánk.

A BELVÍZ-INFO projekt keretén belül telepített mérőállomásaink adatsoraiban a talajnedvesség vertikális változása és időbeli növekedése, valamint a talajvíztükör mélysége egyértelműen lehetőséget adott az összegyülekezési és a talajvíz eredetű belvizek időbeni elkülönítésére. Az elkülönítés nemcsak tudományos szempontból érdekes, hanem a két típus teljesen eltérő megelőzési-védekezési stratégiát is kíván: míg az összegyülekezési belvíz döntően topográfiai és agrotechnológiai probléma, addig a talajvíz eredetű belvizeknél jóval nagyobb területekre kiterjedő talajvízszint-süllyesztésre – értelemszerűen jóval nagyobb víztömeg megmozgatására és tárolására – van szükség (*Kozák*, 2003). Néhány talajtani paraméter, mint például kötöttség, szemeloszlás, térfogattömeg, hidraulikus vezetőképesség megvizsgálásával egyértelműen eldönthető, hogy a terület hajlamos-e összegyülekezési belvíz kialakulására, illetve a talajvíztükör mélységének ismeretében a felszín alatti víz eredetű belvízképződésre való hajlam is becsülhető. A tapasztalatok azt mutatják, hogy még a jobb adottságú talajokon is könnyen kialakulhat összegyülekezési belvíz, általában az intenzív szántóföldi művelés következményeként. Az ennek hátterében álló talajtömörödés a talaj vízbefogadó és vízraktározó képességének növelését célzó agrotechnológiai eljárásokkal megszüntethető, illetve megelőzhető (*Birkás*, 2011). Ennek pozitív hatása nemcsak a belvízkárok csökkenésében, hanem a víztartalékok növekedésében is egyértelmű (*6. ábra*).



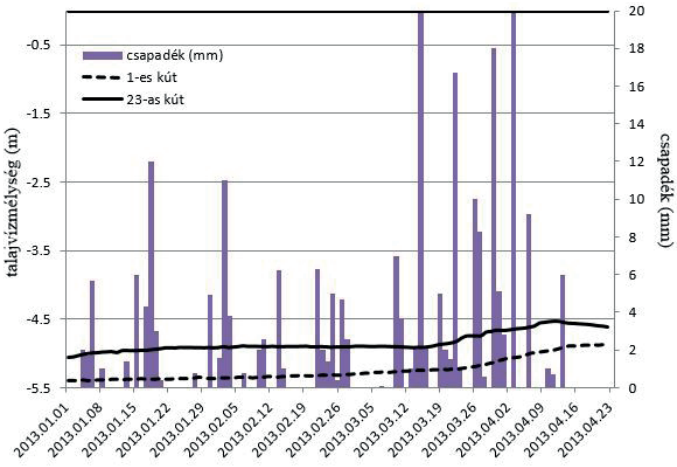
6. ábra. A több tonnás mezőgazdasági gépek talajtömörítésének eredményeképpen 25-50 cm mélységben kialakuló ún. eketalp-réteg hatása a talaj víztartalékaira. A számadatok csak tájékoztató jellegű példák.

A MERIEXWA monitoring hálózat kútjainak mérési eredményei alapján megállapítottuk, hogy a szélsőségesen száraz 2011–2012-es évek után 2012 telére még a belvizek által legveszélyeztetettebb területeken (Torontál, Marosszög) is 3–3,5 m alá süllyedt a talajvízszint, a homokhátság magasabb részein (pl. Ásotthalom környékén) pedig 5 m alatt állandósult. A csapadékban rendkívül gazdag 2013-as első negyedév nem várt fordulatot hozott a talajvíztükör alakulásában: március 15. és április 10. között bő 3 hét alatt 1,5–2 m-es vízszintemelkedés következett be a kutak döntő többségénél (*7. ábra*). Ennek egyik feltétele a bőséges csapadékhullás volt, az ATIKÖVIZIG batidai mérőállomásán januárban 43, februárban 52, márciusban pedig 108(!) mm csapadékot regisztráltak. Emellett a felszínhez közeli talajvíztükör és a földtani felépítés is jelentős szerepet játszott a gyors vízszintemelkedésben.



7. ábra. Két marosszögi kút vízszintváltozása 2013 elején.

Más kutaknál ugyanakkor a mély talajvízszint és a jelentős oldalirányú eláramlás miatt a leírt csapadékmennyiség alig éreztette a hatását. Erre példa a *8. ábrán* bemutatott ásotthalmi kút, mely nagy vízáteresztő képességű homokos összletbe mélyült. Ehhez a menetgörbéhez hasonló néhány teljesen más hidrológiai adottságú kúté is, mint pl. a marosszögi 23-as kúté, mely egy mélyfekvésű, mátrixában vegyes agyagos-iszapos-homokos folyóvízi üledékekből felépülő térszínen található (*8. ábra*).



8. ábra. Az 1-es sz. ásotthalmi és a 23-as sz. marosszögi kút menetgörbéje.

Itt egyértelműen a felszínközeli rétegek gyenge vízvezető képessége játssza a döntő szerepet abban, hogy a lehullott csapadék nem tud hasznosulni: az összegyülekezési belvizekre láthatunk itt is jó példát, ugyanis a belvízfoltok alatt a kút vízszintje még ekkor is 4,5–5 m-es mélységben volt a felszíntől (*9. ábra*).

Összefoglalóan a MERIEXWA projekt talajvíz-megfigyelő hálózata, valamint a talajvíz szintjét modellező teljes magyar-szerb rendszer működésének tapasztalatai és az eredmények azt mutatják, hogy egy-egy csapadékos időszak vagy év átmeneti talajvízszint-növelő hatásán kívül a vizsgálat közel 10 évében (2012–2020) tendenciózus talajvízszint-csökkenés volt megfigyelhető a dél-alföldi és észak-vajdasági régióban.



9. ábra. Összegyülekezési belvíz a 23-as kút közelében.

A WAHASTRAT projekt keretein belül kidolgozott, majd a WATER@RISK-ben is alkalmazott mérőállomások koncepciója szintén túlmutat az említett két projekt lehetőségein. A szerzett tapasztalatok országos szintű hasznosulása az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) koordinálásával egy új, napi időléptékű aszályindex kidolgozása, mely jelenleg az OVF által működtetett Operatív Vízhiány Értékelő és Előrejelző Rendszer alapját képezi (*Fiala et al.*, 2018). A rendszer részeként 2016-tól napjainkig egy olyan meteorológiai és talajnedvesség-mérő monitoringrendszer épült ki, mely jelenleg, 2021-ben már több mint 100 állomást számlál (https://aszalymonitoring.vizugy.hu/).

Zárógondolatok

Cikkünk elsődleges célja az SZTE Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszékének aszállyal és belvízzel kapcsolatos kutatásainak a bemutatása volt. Bár alapvetően a felszínközeli vizek – beleértve a talajnedvességet is – monitorozását helyeztük a cikk középpontjába, mindenképpen meg kell említenünk, hogy a különböző monitoring-rendszereink segítségével az utóbbi 15 évben végzett talajvízszint- és talajnedvesség-méréseink nagyon jól alátámasztják azt az országos tendenciát, hogy felszín alatti vízkészleteink drámai módon apadnak (*Blanka* and *Ladányi*, 2014; *Fiala et al*,. 2014; *Mezősi et al.*, 2017; *Ladányi* and *Blanka*, 2019; *Ladányi et al*., 2021). Talajnedvesség-monitoringunk rávilágít arra is, hogy rendkívül fontos talajaink eredeti szerkezetének megőrzése, a szerkezetszétesés és a tömörödés megelőzése (ld. eketalp-réteg, *6. ábra*), mivel ezen folyamatok térhódításával óriási vízkészlet természetes tározásától fosztjuk meg vízhiányos Alföldünket (*Várallyay et al.,* 1980; *Várallyay*, 2008).

Legfontosabb szakpolitikai következményként megfogalmazható, hogy kiemelt jelentőségű a vízvisszatartás minden eszközzel való segítése, beleértve az ehhez szükséges törvényi háttér megteremtését (elvezetés helyett visszatartási kötelezettség), agrártámogatási rendszer átalakítását, agrotechnikát, vízvisszatartásra alkalmas területek kijelölését is.

Irodalom

Barta, K., 2013: Inland Excess Water Projection based on Meteorological and Pedological Monitoring Data on a Study Area Located in the Southern Part of The Great Hungarian Plain. *J. Environ. Geogr.* 6/3–4, 31–37. https://sciendo.com/article/10.2478/jengeo-2013-0004

Barta, K., Bata, T., Benyhe, B., Brkić, M., Dogan, V., Dolinaj, D., Farsang, A., Gál, N., Henits, L., Juhász, L., Kiss, T., Kovács, F., Mezősi, G., Mucsi, L., Mészáros, M., Obradović, D., Pavić, D., Rakonczai, J., Savić, S., Sipos, Gy., Sümeghy, B., Szatmári, J., Szilassi, P., Tobak, Z., van Leeuwen, B. és *Živanov, M.*, 2013: Inland Excess Water – Belvíz – Suvišne Unutrašnje Vode. Szegedi Tudományegyetem, Újvidéki Egyetem. Szeged, Újvidék. (http://www.geo.u-szeged.hu/meriexwa/sites/all/themes/meriexwa/pdf/IEW_book.pdf)

Barta, K., Crnojevic, V. B., Blanka V., Ladányi, Zs., Fiala, K. és *Vukobratovic, D.*, 2014: Terepi talajnedvesség megfigyelés az aszálykutatás szolgálatában. In (szerk.: *Blanka V. és Ladányi Zs.*) Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban – Suša i upravljanje vodama u južnoj mađarskoj ravnici i Vojvodini – Drought and Water Management in South Hungary and Vojvodina. Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged. 245–258.

Bárdossy, Gy., 1997: Geomatematikai kérdések geológus szemmel. *Magyar Geofizika 38*, 124–141.

Bárdossy, Gy., Fodor, J., Molnár, P. és *Tungli, Gy.*, 2002: A bizonytalanság értékelése a földtudományokban. *Földtani Közlöny* 130, 291–322.

Birkás, M., 2011: A klímaváltozás hatása a növénytermesztési gyakorlatra. In (szerk.: *Rakonczai, J.*) Környezeti változások és az Alföld. *A Nagyalföld Alapítvány kötetei 7.*, Békéscsaba, 257–269.

Carlson, T., 2007: An Overview of the „Triangle Method" for Estimating Surface Evapotranspiration and Soil Moisture from Satellite Imagery. *Sensors 7*, 1612–1629. (https://doi.org/10.3390/s7081612)

Dövényi, Z. (szerk.), 2010: Magyarország kistájainak katasztere. MTA FKI, Budapest. 187-194.

Dunay, S. és *Kalmár, E.*, 1993: A talajvízszint szerepe a talajok vízháztartásában. *Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 1*, Országos Meteorológiai Szolgálat, 43–84.

Faragó, T., Kozma, E. és *Nemes, Cs.*, 1989: Drought indices in meteorology. *Időjárás 93*, 45–59.

Fiala, K., Blanka, V., Ladányi, Zs., Szilassi P., Benyhe, B., Dolinaj, D. and *Pálfai I.*, 2014: Drought Severity and its Effect on Agricultural Production in the Hungarian-Serbian Cross-Border Area. *J. Environ. Geogr. 7/3–4*, 43–51. (https://sciendo.com/article/10.2478/jengeo-2014-0011)

Fiala, K., Barta, K., Benyhe, B., Fehérváry, I., Lábdy J., Sipos, Gy. és *Győrffy, L.*, 2018: Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer. *Hidrológiai Közlöny 98/3*, 14–24.

Füst, A. és *Geiger, J.*, 2011: Monitoringtervezés és -értékelés geostatisztikai módszerekkel I. Szakértői véleményen alapuló, „igazoló" mintázás geostatisztikai támogatása. *Földtani Közlöny 140*, 303–312.

Hisdal, H. and *Tallaksen, L. M.*, 2003: Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics. *J. Hydrol. 281*, 230–247.

Isaaks, E. H. and *Srivastava, M. R.*, 1989: An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York

Journel, A. G., 1999: Markov Models for Cross-Covariances. *Math. Geol. 31*, 955–964.

Kozák, P., 2003: Az alföldi belvizek elvezetése. *Hidrológiai Közlöny 83*, 51–61.

Kozák, P., 2011: Belvízi jelenségek az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön az 1955–2010 közötti időszakban. In (szerk.: Rakonczai, J.), Környezeti változások és az Alföld. *A Nagyalföld Alapítvány kötetei 7*, 127–136.

Köröspart, J., Bozán, Cs., Pásztor, L., Kozák, P., Kuti L. és *Pálfai, I.*, 2009: GIS alapú belvíz-veszélyeztetettségi térképezés a Dél-Alföldön. Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Vándorgyűlése. *Konferencia Proceedings CD-ROM*. 2009. július 1-3., Miskolc 1-14.

Laborczi, A., Bozán, Cs., Köröspart, J., Szatmári, G., Kajári, B., Túri N., Kerezsi G. és *Pásztor L.*, 2020: Application of Hybrid Prediction Methods in Spatial Assessment of Inland Excess Water Hazard. *ISPRS Int. J. Geo-Inform. 9/4*, 268.(https://doi.org/10.3390/ijgi9040268)

Ladányi, Zs. és *Blanka, V.*, 2019: Aszály és belvíz monitoring és menedzsment, valamint a kapcsolódó kockázatok a Dél-Alföldön és a Vajdaságban. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged.(http://www.geo.u-szeged.hu/wateratrisk/sites/www.geo.u-szeged.hu.wateratrisk/files/pdf/kotet.pdf)

Ladányi, Zs., Barta, K., Blanka, V. and *Pálffy, B.*, 2021: Assessing Available Water Content of Sandy Soils to Support Drought Monitoring and Agricultural Water Management. *Water Resour. Manage. 35*, 869–880. DOI: 10.1007/s11269-020-02747-6

Mezősi, G., Bata, T., Blanka, V. és *Ladányi, Zs.*, 2017: A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön. *Földrajzi Közlemények 141*, 60–70.

Pálfai, I., 2002: Probability of drought occurence in Hungary. *Időjárás 106*, 265–275.

Pálfai, I., 2004: Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest.

Palmer, W. C., 1965: Meteorological Drought. Res. Paper No.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., USA.

Patel, N. R., Anapashsha, R., Kumar, S., Saha, S. K. and *Dadhwal, V. K.*, 2009: Assessing potential of MODIS derived temperature/vegetation condition index (TVDI) to infer soil moisture status. *Int. J. Remote Sens. 30*, 23–39.

Mallick, K., Bhattacharya, B. K. and *Patel, N. K.*, 2009: Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a soil wetness index based on surface temperature and NDVI. *Agromet. Forest. Meteorol. 149*, 1327–1342.

Maracchi, G., 2000: Agricultural Drought – A practical approach to definition, assessment and mitigation strategies. In (ed.: *Vogt, J. V., Somma, F.*), Drought and Drought Mitigation in Europe. *Adv. Natural Technol. Haz. Res. 14*, 63–78.

Perger, L., 1996: A talajvízészlelőhálózat korszerűsítése. IV. ütem. Hódmezővásárhely és Szeged. Kézirat, Budapest.

Rakonczai, J., Farsang, A., Mezősi, G., és *Gál, N.*, 2011: A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények 135*, 339–349.

Schmugge, T., 1990: Measurements of surface soil moisture and temperature. In (ed.: *Hobbs, R. J., and Mooney. H. A.*): Remote Sensing of Biosphere Functions. Springer-Verlag, New York. 31–63.

Shmaryan, L. E. and *Journel, A. G.*, 1999: Two Markov Models and Their Application. *Math. Geol. 31*, 965–988.

Stefanovits, P., 1992: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Szalai, J., 2011: Talajvízszint-változások az Alföldön. In (szerk.: *Rakonczai J.*): Környezeti változások és az Alföld. *A Nagyalföld Alapítvány kötetei 7.* Békéscsaba. 97–110.

Szatmári, J., Barta, K., Csépe, Z., Fehér, Zs., Miodrag, B., Obradovic, D., Dudarin, és *Z., Radonic, V.*, 2014: A talajvíz megfigyelésének lehetőségei. In (szerk.: *Blanka V. és Ladányi Zs*.) Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban – Suša i upravljanje vodama u južnoj mađarskoj ravnici i Vojvodini – Drought and Water Management in South Hungary and Vojvodina. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged. 289–299.

Thyll, Sz. és *Bíró, T.*, 1999: A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. *Vízügyi Közlemények 81*, 709–718.

Xianlin, M. and *Journel, A. G.*, 1999: An expanded GSLIB Cokriging Program Allowing for two Markov Models. *Comp. Geosc. 25*, 627–639.

Várallyay, Gy., Szűcs, L., Rajkai, K., Zilahy, P. és *Murányi, A.*, 1980: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100.000-es méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan 29*, 77–112.

Várallyay Gy., 2008: Talaj-víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. Talajvédelem különszám, Nyíregyháza. 17–30.

Vicente-Serrano, S. M., Pons-Fernandez, X. and *Cuadrat-Prats, J. M.*, 2004: Mapping Soil Moisture in the Central Ebro River Valley (Northeast Spain) with Landsat and NOAA Satellite Imagery: a Comparison with Meteorological Data. *Int. J. Remote. Sens. 25,* 4325–4350.

Wang, L., 2008: Remote Sensing Techniques for Soil Moisture and Agricultural Drought Monitoring. PhD Thesis. Fairfax, USA.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B. and *Khan, F. I.*, 2011: A review of drought indices. *Environ. Rev. 19*, 333–349.

https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/

https://edo.jrc.ec.europa.eu

https://aszalymonitoring.vizugy.hu/

ERDÉSZETI METEOROLÓGIAI MÉRŐHÁLÓZAT, MINT AZ ERDŐVÉDELMI MÉRŐ- ÉS MEGFIGYELŐ RENDSZER ALRENDSZERE

FOREST METEOROLOGICAL MONITORING SYSTEM AS THE SUBSYSTEM OF FOREST PROTECTION, MEASURING AND MONITORING SYSTEM

Bolla Bence

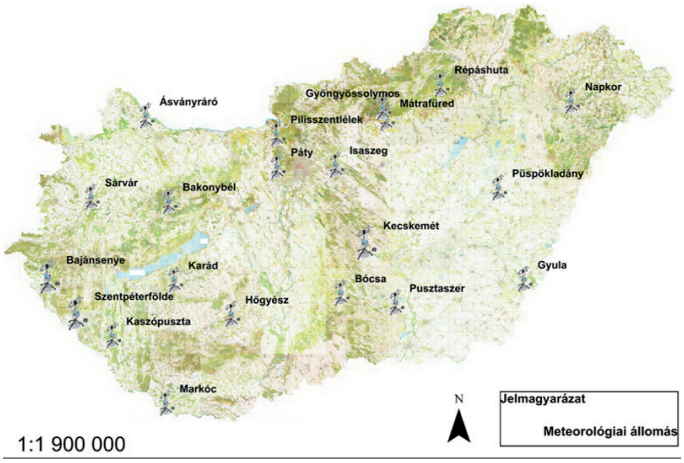
Soproni Egyetem – Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, 1027 Budapest, Frankel Leó út 1.
bolla.bence@uni-sopron.hu

Összefoglalás. A Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete 1999 óta végez automatizált meteorológiai méréseket erdei mintaterületeken az Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer keretében. A meteorológiai hálózat elsősorban magas erdősültséggel rendelkező területeken mér és gyűjt adatokat. Az erdők egészségi állapotára és fejlődésére jelentős hatással bíró időjárási feltételek ismerete nemcsak a klíma változása szempontjából fontos, hanem az erdőkben lezajló öko-fiziológiai folyamatok megismerése és vizsgálata miatt is.

Abstract. Forest Research Institute of University of Sopron has been performing automated meteorological measurements in woody sample areas since 1999 as part of the Forest Protection, Measuring and Monitoring System. The forest meteorological monitoring system mainly measures and collects data in areas with high forest coverage. Weather conditions exert a significant impact on the health and the growth of the forest. The knowledge about these effects is important to learning about and studying the eco-physiological transports in forest stands.

Bevezetés. Meteorológiai mérésekkel, megfigyelésekkel és az erdőállományok vízháztartási jellemzőinek kutatásával Magyarországon az erdészeti szakemberek már régóta foglalkoznak (*Belházy*, 1886; *Ijjász*, 1936, 1938). Ijjász Ervin nevéhez köthető az erdészeti csapadékmérő és talajvíz-megfigyelő hálózat kiépítése és koncepciója. Járó Zoltán gödöllői mintaterületein vizsgálta az egyes erdőállományokra ható meteorológiai jelenségeket és az erdők vízháztartásában betöltött szerepét (*Járó*, 1980; *Járó és Sitkey*, 1995). A klímaváltozás okozta hatások vizsgálatával és előrejelzésének módszereivel is részletesen foglalkoztak az erdészeti kutatók (*Führer et al.*, 2011; *Führer*, 2018; *Gálos* és *Führer*; 2018). Az Erdészeti Tudományos Intézet 1999-ben kezdte meg az automatizált meteorológiai méréseket erdei környezetben az Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer keretén belül. Az Intézet 2014-ben újabb 7, majd 2018-ban további 11 Boreas Agromet típusú állomást telepített erdősült mintaterületekre. Az új erdészeti hidrometeorológiai mérőhálózat koncepciójáról Borovics Attila 2018-ban részletesen publikált (*Borovics*, 2018).

Anyag és módszer. Az erdőállományokat is érintő időjárási viszonyok monitorozására, nyomon követésére a legalkalmasabb egy olyan meteorológiai mérőhálózat létesítése, üzemeltetése, amely elsősorban magas erdősültséggel rendelkező területeken mér és gyűjt adatokat (*1. ábra*). A mérőállomások segítségével mérhetjük a szélirányt, szélsebességet, globálsugárzást, napfénytartamot, hőmérsékletet, páratartalmat, szabad területi csapadékot, talajnedvességet és talajhőmérsékletet. A talajnedvességet és a talajhőmérsékletet 4 rétegben mérjük (10 cm, 25 cm, 50 cm, 70 cm) a kijelölt helyszíneken. A gyűjtött adatokat a GPRS-es adatgyűjtők továbbítják a szerver felé további feldolgozás céljából (az adatok szűrése és feldolgozása az ICP Forest ajánlásai alapján történik). Az erdők fejlődésére

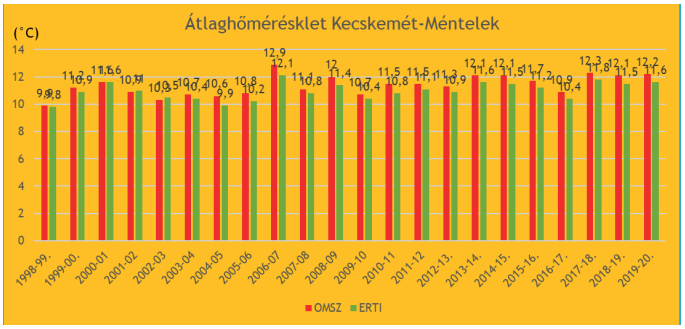


1. ábra. A kihelyezett mérőállomások elhelyezkedése.

jelentős hatással bíró időjárási feltételek, szélsőségek ismerete nemcsak a klíma változása miatt fontos, hanem a természetben, azaz erdőkben lezajló öko-fiziológiai folyamatok alaposabb vizsgálata miatt is (pl.: az erdei vízforgalom, vagy az erdők vízháztartásban, mezoklímában betöltött szerepének vizsgálata White-módszer és Coup és HYDRUS 1D modell segítségével).

Eredmények és következtetések. Az adatok feldolgozása során megállapítást nyert, hogy az egyes időjárási szélsőségek egyre gyakrabban jelentkeznek az ország különböző pontjain. A csapadék alakulása helyszínenként változatosnak mondható, több esetben az átlagosnál több csapadék hullott éves szinten (pl.: 2019-ben Hőgyészen 1000,2 mm csapadék hullott), de azok eloszlása nem mondható egyenletesnek.

Több alkalommal megfigyelhetőek voltak hosszú aszályos időszakok (pl. 2019. március, április), amelyek magas hőmérsékleti értékekkel is párosultak. A ménteleki mérőállomásunk adatai szerint az évi átlaghőmérséklet 1999-től 2020-ig 1,8 °C-ot emelkedett (*2. ábra*).



2. ábra. Átlaghőmérséklet adatok Kecskemét-Ménteleken.

Az erdőállományon belüli méréseink alapján elmondhatjuk, hogy a légnedvesség átlagosan 2,5–5,1%-kal magasabb, mint a nem erdei környezetben lévő mérőállomások esetében. Az állományon belüli hőmérsékletek alacsonyabbak a szabadterületi adatokhoz képest, mely jelenség az erdőállományok paramétereivel (pl.: a lombkorona záródása) áll szoros összefüggésben.

A talajnedvesség alakulása minden mintaterület esetében a megszokott trendszerű változásokat mutatta. A vegetációs időszakban alacsonyabb, míg a nyugalmi időszakban magasabb értékeket regisztráltunk. Az alacsonyabb nedvesség értékeket a nyári fokozott párolgás is elősegítette a felső talajrétegben (0–10 cm). A csapadék alakulására 70 cm-en mért nedvesség értékek reagáltak a legkevésbé, így több mintaterületen is kérdéses a beszivárgás kimutatása még szabad területen is. Az állomány alatti, automatizált talajnedvesség mérések 2021-ben indultak el 3 helyszínen, 0–200 cm közötti talajrétegre vonatkozóan. Az eddigi méréseink alapján érzékelhető a különbség a fás és fátlan területek között, ami a vegetációs időszakban a fásszárúak fokozottabb vízfelvételét támasztja alá (http://met.boreas2.hu/ertitalaj/).

A kutatásaink egyik fő célja az erdei vízforgalom vizsgálata és annak értékelése, valamint az erdők vízháztartásban betöltött szerepének modellezése (*3. ábra*). A számítások és modellfuttatások eredménye szerint a vizsgált erdőállományok vízforgalma bonyolult, összetett hatások alapján változik az egyes mintaterületek adottságaitól és egyéb lokális hatásoktól függően.

A jövőben mindenképpen nagy jelentősége lesz az erdészeti meteorológiai mérőhálózat működésének és a gyűjtött adatok feldolgozásának, figyelembe véve a tapasztalható időjárási szélsőségeket, melyek fokozott aszálykárt és romló egészségi állapotot eredményeznek, így jelentősen befolyásolják az erdőgazdálkodási tevékenységet, napi problémák elé állítva az erdőgazdálkodókat.

Irodalom

Belházy J., 1886: Az erdő befolyása a levegő átlagos hőfokára, és a levegő hőfokának határaira. *Erdészeti Lapok 25*, 287–291.

Borovics A., 2018: Erdészeti klímaközpont kialakításának szükségessége és lépései. *Erdészettudományi közlemények 8*, 5–8.

Führer E., Marosi Gy., Jagodics A. és *Juhász I.,* 2011: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények, 1*, 17–28.

Führer E., 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. *Erdészettudományi közlemények 8*, 27–42

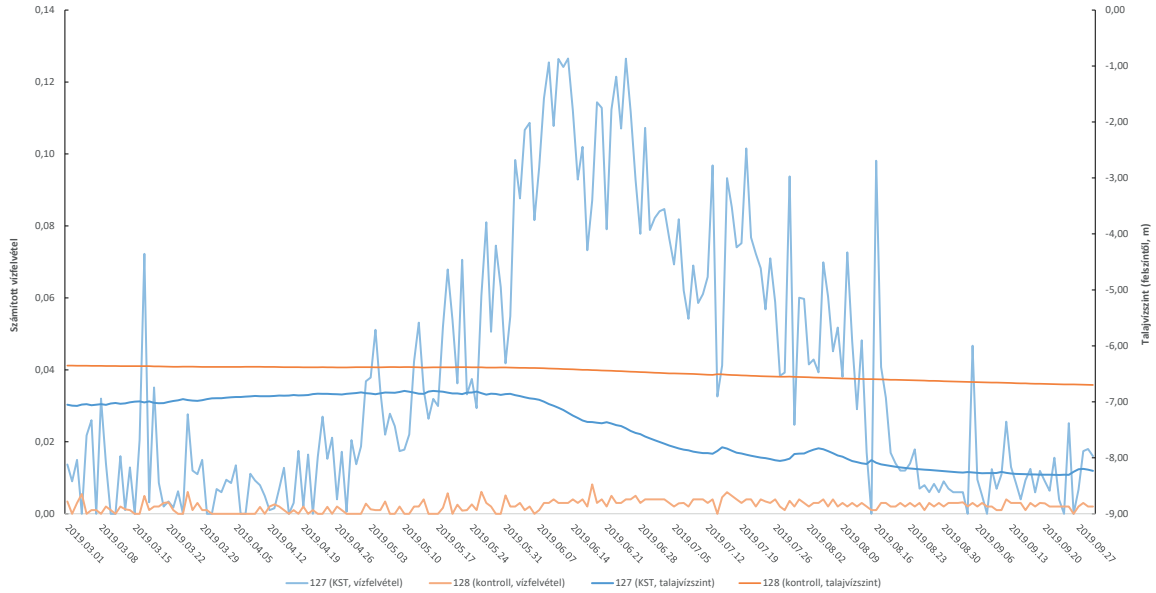
Gálos B. **és** *Führer E.* 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. *Erdészettudományi Közlemények 8*, 43-55.

Ijjász E., 1936: Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése. *Erdészeti lapok 71*, 820–829.

Ijjász E., 1938: Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. *Hidrológiai Közlöny 18*, 416–445.

Járó Z., 1980: Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában. *Erdészeti kutatások 73* ,7–17.

Járó Z. és *Sitkey J.,* 1995: Az erdő és a talajvíz kapcsolata. *Erdészeti kutatások 85*, 35−49.



3. ábra. A püspökladányi kocsányos tölgyes vízfelvételének változása a White-módszer alapján.

A GLOBÁLIS SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁST GENERÁLÓ FŐ HAJTÓERŐK

MAIN DRIVERS OF THE GLOBAL CO_2-EMISSION

Fazekas András István

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, *fazekasai@energia.bme.hu*

Összefoglalás. Bizonyított, hogy az erre vonatkozó mérések megkezdése óta rendkívül szoros korreláció van a légkör szén-dioxid tartalma és a globális átlaghőmérséklet alakulása között. Jelen rövid áttekintésben az a kérdés kerül megvizsgálásra, elemzésre, hogy milyen tényezők befolyásolják a (fosszilis tüzelőanyagokból származó) globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását. Azaz milyen hajtóerők játszanak ebben meghatározó szerepet, és mekkora ezen tényezők (= hajtóerők) súlya a kibocsátás alakulásában, illetve milyen tendenciák jellemzik a kibocsátás, és ezen tényezők alakulását. Az áttekintés fő célkitűzése az, hogy rámutasson arra, milyen megállapítások vonhatók le a bemutatott idősorok, és az idősorok közötti korrelációk elemzéséből. Ez alapvető fontosságú, a globális felmelegedés elleni küzdelem reális lehetőségeinek felmérése, a lehetséges optimális eszközrendszer megválasztása szempontjából. A bemutatásra kerülő adatsorok a külföldi forrásokból ismertek, a tanulmány nóvuma azonban ezen adatsorok komplex összehasonlító elemzése és a következtetések explicit megfogalmazása.

Abstract. Since the start of the relevant measurements, it has been justified that there has been an extremely close correlation between the carbon-dioxide content of the atmosphere and the inrease of the global average temperature. This brief overview examines what factors influence the development of global CO_2-emissions (from fossil fuels). What driving forces play a decisive role in this, what is the weight of these factors (= driving forces) in the development of output, and what tendencies characterize the development of these factors. The main objective of the review is to showcase what findings can be drawn from the analysis of the time series presented and the correlations between the time series. It is essential to assess the realistic possibilities for combating global warming and choose the optimal instruments. The data sets presented are known from international resources. The novum of the study is the complex comparative analysis of these data sets and the explicit formulation of the conclusions.

1. Problémafelvetés, célkitűzés

Közismert, hogy a légkör CO_2-tartalma és a globális átlaghőmérséklet között összefüggés van. Nem szorul bizonyításra, hogy az energetika és a széles értelemben vett környezetvédelem területén napjainkban a legsúlyosabb probléma a globális felmelegedés és ezzel szoros összefüggésben a globális klímaváltozás problémája (*Robertson*, 2014; *Caradonna*, 2014; *Reményi*, 2010; *Fagan*, 2012; *Behringer*, 2010). Mindkét folyamat, eredetét és hatását tekintve globális eredetű és globális hatású. Ebből következően a megoldás, a következmények csökkentésére tett erőfeszítések is csak széles körű összefogás esetében hozhatnak jelentős eredményt.

Jelen rövid áttekintésben az a kérdés kerül megvizsgálásra, elemzésre, hogy milyen tényezők befolyásolják a (fosszilis tüzelőanyagokból származó) globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását? Azaz milyen hajtóerők játszanak ebben meghatározó szerepet, és mekkora ezen tényezők (= hajtóerők) súlya a kibocsátás alakulásában, illetve milyen tendenciák jellemzik a kibocsátás, és ezen tényezők alakulását. Az áttekintés fő célkitűzése az, hogy rámutasson arra, milyen megállapítások vonhatók le a bemutatott idősorok és az idősorok közötti korrelációk elemzéséből. Ez alapvető fontosságú, a globális felmelegedés elleni küzdelem reális lehetőségeinek felmérése, a lehetséges optimális eszközrendszer megválasztása szempontjából. A bemutatásra kerülő adatsorok a külföldi forrásokból ismertek, a tanulmány nóvuma azonban ezen adatsorok komplex összehasonlító elemzése és a következtetések explicit megfogalmazása.

2. A jelenlegi helyzet rövid áttekintése

A Nemzetközi Energiaügynökség (Internaional Energy Agency, IEA) legfrissebb jelentése (*IAE*, 2021) szerint 2020-ban a világ (fosszilis tüzelőanyagokból származó) szén-dioxid kibocsátása 5,8 százalékkal csökkent a 2019. évihez képest, azaz abszolút értékben cca. 2 milliárd tonnával volt kisebb, mint az előző évben. Ez a csökkenés a legnagyobb mértékű csökkenés azóta, amióta ezt a folyamatot nyomon követik, és jóval meghaladja a 2009. évi globális világgazdasági válság okozta kibocsátás-csökkenést (*IAE*, 2020). A változás alapvetően a világméretű COVID-19 járvány következményének tudható be. Ezen igen jelentős kibocsátás-csökkenés ellenére a világ éves összes szén-dioxid-kibocsátása 2020-ban 31,5 milliárd tonna volt, és a földi légkörben az éves átlagos szén-dioxid koncentráció értéke a valaha mért legmagasabb értéket érte el (412,5 ppm). Ez az érték mintegy 50%-kal haladta meg az ipari forradalom kezdetére becsült értéket.

3. A légköri globális szén-dioxid-kibocsátást befolyásoló hajtóerők

A globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását „befolyásoló tényezők" alatt olyan „tényezők" értendők, amelyek változása valamilyen irányban szoros korrelációban van a szén-dioxid-kibocsátás alakulásával. Példaképpen a világ népességének alakulása alapvető befolyásoló tényező, vagyis „hajtóerő", hiszen minden energiatermelés és energiafelhasználás – közvetve vagy közvetlenül – az emberi igények kielégítését szolgálja. Lényegi és közös meghatározottságuk

azonban ezen hajtóerőknek, hogy soha nem önmagukban, hanem más hajtóerőkkel együtt befolyásolják egy adott ország, régió szén-dioxid-kibocsátásának alakulását. Könnyen belátható, hogy a népesség számának alakulása mellett annak is döntő szerepe van a szén-dioxid-kibocsátás alakulásában, hogy egy adott országban milyen bázison történik a villamosenergia-termelés, vagy éppenséggel a hőtermelés. A vízerőművi vagy atomerőművi villamosenergia-termelésnek nincs közvetlen szén-dioxid-kibocsátása szemben például a lignit tüzelőbázisú villamosenergia-termeléssel. Világosan látni kell azt is, hogy nagyon sok hajtóerő azonosítható, és azt is, hogy az azonosított hajtóerők nem egyenlő „súllyal" (= mértékben) befolyásolják a kibocsátás alakulását. Fontos szempont az is, hogy olyan hajtóerőket kell azonosítani, amelyek hatása megbízhatóan kvantifikálható. A lakosság számának alakulása és az energiafelhasználás (és ezzel szoros összefüggésben a szén-dioxid-kibocsátás) alakulása közötti összefüggés jól számszerűsíthető. Azonban nem ez a helyzet például abban az esetben, ha azt szeretnénk megtudni, hogy milyen szerepe van a környezettudatosságnak a szén-dioxid-kibocsátás alakulásában. Ennek a „hajtóerőnek" a hatása egzakt módon nem számszerűsíthető, nem állnak rendelkezésre erre vonatkozóan adatok.

Az alapkérdés megválaszolása tehát valójában több kérdés megválaszolását foglalja magában. Mindenekelőtt azonosítani kell a hajtóerőket, és valamilyen módon meg kell határozni azt, hogy az egyes azonosított hajtóerők milyen súllyal játszanak szerepet a kibocsátás alakulásában.

Nem szorul bizonyításra, hogy gyakorlatilag nagyon sok tényező befolyásolja a globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását. Nem belemenve ezen kérdéskör elméleti vizsgálatába, ebben az összefoglaló áttekintésben az ún. Kaya-egyenletben (Kaya-azonosságban) szereplő (és ahhoz szorosan kapcsolódó) hajtóerők elemzésére kerül sor. Ennek alapján belátható, hogy a kiválasztott hajtóerők valóban alapvetően meghatározó szerepet játszanak a globális kibocsátás alakulásában, másrészt az, hogy hatásuk egzakt módon számszerűsíthető. Az ún. Kaya-egyenlet (*Jancovici*, 2014) alkalmazásával a globális szén-dioxid-kibocsátás legfontosabb hajtóerői egymáshoz képesti alakulása követhető nyomon egzakt módon.

4. A vizsgálat tárgyát képező idősorok

A Kaya-egyenletben a globális szén-dioxid-kibocsátást alapvetően meghatározó hajtóerők idősorai szerepelnek, mint bemenő adatok. Ezen idősorok az ún. bázis idősorok. Idősorok alatt az adott mennyiségek adott időszakra (például: évre) vonatkozó adatainak (időben) rendezett halmaza értendő.

Bázis idősoroknak a továbbiakban a P (világ népessége), a G (a világ éves GDP-termelése), az E (a világ éves halmozatlan primerenergia-felhasználása), valamint a C (a világ fosszilis tüzelőanyagok eltüzeléséből származó éves szén-dioxid-kibocsátása) mennyiségek tárgyidőszakbeli alakulását leíró idősorok tekintendők. Származtatott idősorok a bázis idősorokból képzett G/P, E/G, C/E, C/G, C/P és E/P idősorok. A vizsgálat tárgyát tehát összesen tíz idősor képezi.

5. A Kaya-egyenlet (Kaya-azonosság)

Soron következő lépésként röviden ismertetésre kerül az úgynevezett Kaya-egyenlet (Kaya-azonosság), majd ezt követően meghatározásra kerül az, hogy a Kaya-egyenletben szereplő mennyiségek (hajtóerők) egymáshoz viszonyítva milyen súllyal bírnak a globális szén-dioxid-kibocsátás generálásában. A számítás a Kaya-egyenletből adódó összefüggésekkel történik.

A Kaya-egyenlet alkalmazása meghatározó szerepet játszik a globális szén-dioxid-kibocsátás jövőbeli lehetséges alakulásával kapcsolatos különböző szcenáriók kialakításában, az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület)*) által készített különböző jelentésekben (tanulmányokban). A Kaya-egyenlet megalkotása *Yoichi Kaya* japán energia-közgazdász nevéhez fűződik, aki az összefüggést először a *Keiichi Yokobori*val közösen írt *„Environment, Energy, and Economy: Strategies for Sustainability"* (*Kaya and Yokobori*, 1997) című könyvében publikálta először. Ez a könyv lényegében a *„Conference on Global Environment, Energy, and Economic Development"* (1993: Tokyo, Japan) konferencia legfontosabb megállapításait összegezi. A szerző az egyenlet lényegét később ismertette a *„Japanese Perspectives on Climate Change Mitigation Strategy"* című könyvében is (*Kaya et al.*, 2015). A Kaya-egyenlet és annak alkalmazása tehát majd három évtizedes múltra tekint vissza, és a klímaváltozással, a globális felmelegedés problémájával foglalkozó szakemberek körében nem ismeretlen. Azonban megalapozottan kijelenthető, hogy Magyarországon az egyenlet (az egyenlet lényegi állítmánya), és az IEA említett kiadványában (IEA, 2020, 2021) foglalt legfontosabb megállapítások csak a témával foglalkozó szakemberek szűk körében ismertek, szélesebb körben gyakorlatilag ismeretlenek, jóllehet az IEA kiadványban szereplő megállapítások igen nagy fontosságúak a globális felmelegedés megítélése, és a probléma lehetséges kezelése szempontjából. Yoichi Kaya egyik fő kutatási területe annak a kérdéskörnek a vizsgálata, hogy milyen alapvető tényezők (hajtóerők) befolyásolják az egyes országokban, régiókban, globálisan a szén-dioxid-kibocsátás alakulását, s milyen módon lehet ezen hajtóerők hatását számszerűsíteni (*Kaya* and *Yokobori*, 1997; *Kaya et al.*, 2015).

A Kaya-egyenlet alapgondolata az, hogy a fosszilis tüzelőanyagok kibocsátásából származó szén-dioxid-kibocsátás alakulását alapvetően négy fontos mutató (egy extenzív és három intenzív) mennyiség alakulására vezeti vissza. Az egyenlet alkalmazásával meghatározható az, hogy ezek a hajtóerők egymáshoz képest milyen módon (melyik irányban és milyen sebességgel) befolyásolják a globális kibocsátás alakulását. Az a kiinduló állítás, hogy bizonyíthatóan magas korreláció van egy adott országban, és értelemszerűen országok összességében, így globálisan is, az alábbi, megbízhatóan és jól számszerűsíthető, mennyiségek és a mindenkori szén-dioxid-kibocsátás között:

- lakosság száma (1 jelű hajtóerő: (P));
- az egy főre jutó nemzeti összтermék (2 jelű hajtóerő: (G/P));
- a nemzeti összтermékre vetített energia-intenzitás, vagyis az egységnyi nemzeti összтermékre eső fajlagos energiafelhasználás (3 jelű hajtóerő: (E/G)); valamint az
- energiafelhasználás karbon-intenzitása, vagyis az egységnyi energiafelhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátás (4 jelű hajtóerő: (C/E)) között.

Az említett három intenzív és egy extenzív mennyiség segítségével történik az úgynevezett Kaya-egyenlet (azonosság) felírása:

$$C = P * \left(\frac{G}{P}\right) * \left(\frac{E}{G}\right) * \left(\frac{C}{E}\right)$$

Az összefüggés matematikai alakjából látható, hogy tulajdonképpen egy azonosság felírásáról van szó, ez magyarázza, hogy hol „Kaya-egyenletről", hol „Kaya- azonosságról" beszélnek.

6. Bázis idősorok elemzése

Az IEA (IEA 2020, 2021) adatai alapján rendelkezésre állnak a P, G, E és C mennyiségek alakulását leíró idősorok az 1971–2017 közötti 47 éves időszakra vonatkozóan (*Robertson*, 2014). A tárgyidőszakra, illetve annak bizonyos részeire vonatkozó adatok természetesen más forrásokból is rendelkezésre állnak. Ezek azonban az adatgyűjtés és feldolgozás módszertanát illetően egymástól jelentősen különböznek (*International Energy Association*, 2019). Az eltérések az IEA adatokhoz képest arányukat tekintve nem jelentősek. A bázis idősorok konzisztens idősorok, ami alatt az értendő, hogy az adatok értelmezése, gyűjtése, feldolgozása egységes elvek, módszerek szerint történt. Az adatgyűjtésre, az ún. kulcsfontosságú hajtóerők kiválasztására vonatkozó irányelvek és módszerek részletes leírása (többek között) megtalálható a *„Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"* című kiadványban, annak is az ötödik, *„Drivers, Trends and Mitigation"* című részében, illetve a *„CO2 Emission from Fuel Combustion, Highlights"* című (2019 Edition) IEA kiadványban (6. fejezet: *„Indicator Sources and Methods"*).

Közel ötven évre egész pontosan az 1971–2017 közötti 47 esztendőre vonatkozóan rendelkezésre álló konzisztens adatok megalapozottan lehetővé teszik a hosszú távú,

SSZ.	MEGNEVEZÉS	MEGHATÁROZÁS	MÉRTÉKEGYSÉG
BÁZIS IDŐSOROK			
01	Fosszilis tüzelőanyagokból származó, éves globális szén-dioxid-kibocsátás (C)	–	Mt_{CO2}/a
02	A világ népessége (P)	–	Ezer millió fő (cap)
03	A világ éves GDP-termelése 2010. évi változatlan USA dollárban, vásárlóerő paritáson (ppp) számolva (G)	–	Milliárd $USD_{2010\|ppp}/a$
04	A világ éves, halmozatlan primerenergia-felhasználása (E)	–	PJ/a
SZÁRMAZTATOTT IDŐSOROK			
05	Egy főre jutó éves, globális GDP-termelés átlaga, 2010. évi amerikai dollárban, vásárlóerő paritáson kifejezve	G/P	$USD_{2010\|ppp}$/cap/a
06	Energia-intenzitás globális átlaga (egységnyi globális GDP-termelésre jutó éves, halmozatlan összes primerenergia-felhasználás, 2010. évi amerikai dollárban, vásárlóerő paritáson kifejezve)	E/G	$MJ/USD_{2010\|ppp}/a$
07	Globális éves halmozatlan primerenergia-felhasználás karbon-intenzitása (egységnyi éves, globális, halmozatlan primerenergia-felhasználásra jutó éves globális szén-dioxid-kibocsátás)	C/E	$t_{CO2}/TJ/a$
08	Egységnyi globális, éves GDP-termelésre jutó átlagos szén-dioxid-kibocsátás, vagyis az átlagos éves globális GDP-termelés karbon-intenzitása, 2010. évi változatlan USA dollárban és vásárlóerő paritáson kifejezve	C/G	$kg_{CO2}/USD_{2010\|ppp}/a$
09	Egy lakosra jutó éves szén-dioxid-kibocsátás globális átlaga	C/P	t_{CO2}/cap/a
10	Egy főre jutó éves halmozatlan primerenergia-felhasználás globális átlaga	E/P	MJ/cap/a

1. táblázat. A vizsgált idősorok.

A BÁZIS IDŐSOROK LEGFONTOSABB JELLEMZŐI					
MEGNEVEZÉS	**Abszolút értékbeli változás**		**Százalékos eredő változás (1971 = 100 %) 1971 – 2017**	**Éves átlagos változás százalékban (1971 – 2017)**	**Tendencia (1971 – 2017)**
	1971	**2017**			
C [Mt_{CO2}/a] Éves globális, fosszilis tüzelőanyagokból származó szén-dioxid-kibocsátás	13 945	32 840	235,5 %	+1,84 %/a	Tendenciájában egyértelműen növekvő éves kibocsátás, nem utal semmi a tartós változásra. Az évenkénti változás alapvetően véletlenszerű (sztochasztikus).
P [Millió fő (cap)] A világ népessége	3 761	7 519	199,9 %	+1,48 %/a	Egyértelműen szigorúan monoton növekvő népesség, nem utal semmi a tartós változásra. Az évenkénti változás (növekedés) mértéke tendenciájában csökkenő.
G [Milliárd $USD_{2010|ppp}$/a] Globális éves GDP-termelés 2010. évi változatlan USA dollárban, vásárlóerő paritáson kifejezve	23 888	113 555	475,3 %	+3,37 %/a	Tendenciájában egyértelműen növekvő éves GDP- termelés, nem utal semmi a tartós változásra. Az évenkénti változás mértéke véletlenszerű (sztochasztikus).
E [PJ/a] Globális, éves, halmozatlan primerenergia-felhasználás	231 088	584 990	253,1 %	+ 1,99 %/a	Tendenciájában egyértelműen növekvő energiafelhasználás, nem utal semmi a tartós változásra. Az évenkénti változás mértéke véletlenszerű (sztochasztikus).

2. táblázat. A bázis idősorok fő jellemzői.

a folyamatokat valóban lényegileg meghatározó trendek (tendenciák) megállapítását. Minden egyes idősor esetében megvizsgálásra került:

1. az adott mennyiség abszolút értékének időbeli alakulása,

2. az adott mennyiség bázis évhez (1971 = 100%) viszonyított százalékos változása,

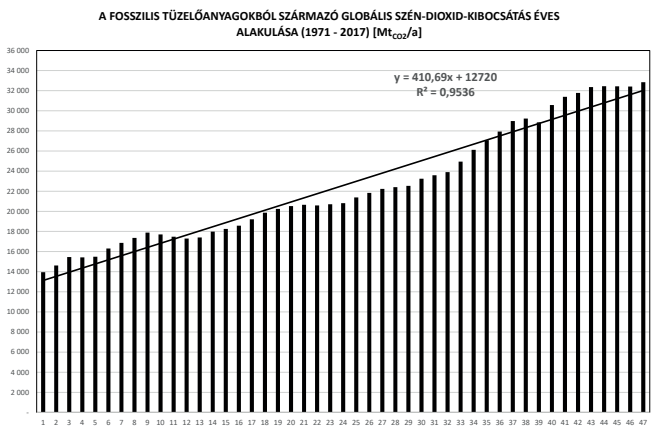
3. az adott mennyiség évenkénti, a mindenkori megelőző évhez viszonyított százalékos változása.

Természetesen még számtalan egyéb vizsgálatnak is alávethetők ezek az adatsorok, de első közelítésben az így nyert alapvető megállapítások is elegendőek (*International Energy Association*, 2019; *Climate Change* 2014; *International Energy Agency*, 2019).

Az *1. táblázat* összefoglalóan tartalmazza a vizsgálat tárgyát képező bázis idősorok és származtatott idősorok megnevezését, meghatározását és az adott mennyiségek mértékegységét.

Az egyszerű és gyors áttekinthetőség kedvéért az *2. táblázat* összefoglalja a bázis idősorok alakulását jellemző főbb adatokat.

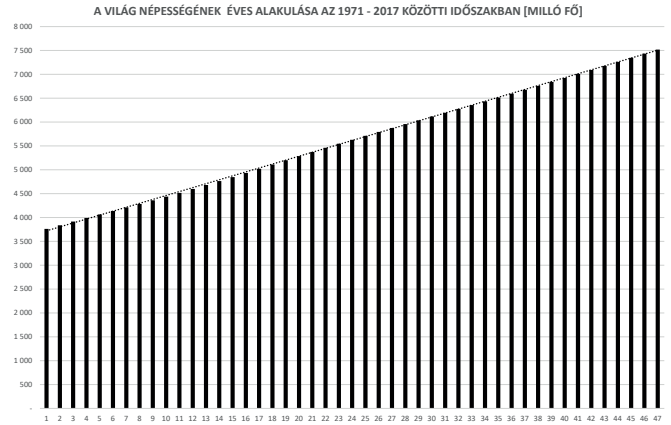
A globális éves szén-dioxid-kibocsátás alakulását az 1971–2017 között időszakban az *1. ábra* mutatja. A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó éves globális szén-dioxid-kibocsátás a vizsgálat tárgyát képező 47 éves időszakban 1971. évi, hozzávetőlegesen 14 milliárd tonnáról 2017-re közel 33 milliárd tonnára növekedett, ami azt jelenti, hogy közel fél évszázad alatt 2,35-szörösére nőtt. Ez igen jelentős növekedés. Ez a változás 47 év átlagában nagyjából 1,84%-os éves relatív (átlagos) növekedésnek felel meg.



1. ábra. A globális szén-dioxid-kibocsátás tárgyidőszakbeli alakulása.

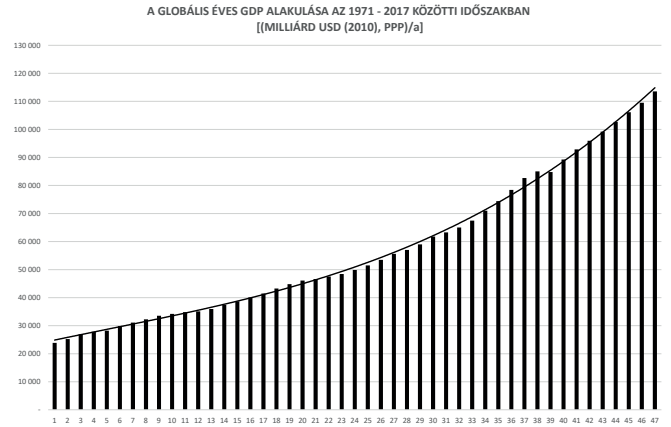
Természetesen a 47 év alatt az éves növekedés relatív értéke korántsem volt állandó. Az éves százalékos változások mértékében jelentős különbségek adódtak az elmúlt közel fél évszázadban. Voltak olyan évek, amikor az éves (előző évi értékhez viszonyított) növekedés öt százalék körüli volt, sőt nem is olyan régen a hat százalék körüli értéket is elérte, de voltak olyan évek (8 év összességében), amikor az előző évi értékhez képest a kibocsátás csökkent. Összességében az éves relatív változások teljességgel véletlenszerűen alakultak.

A világ népességének alakulását a *2. ábra* mutatja a vizsgált tárgyidőszakban. A tárgyidőszak kezdetén (1971-ben) a Föld népessége 3761 millió főt tett ki. 2017-re ez az érték 7519 millió főre nőtt, ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy a világ lakossága 47 év alatt megduplázódott. Éves átlagban ez a változás 1,48%-os növekedésnek felel meg. A népesség növekedése a vizsgált tárgyidőszakban szigorúan monoton növekvő volt. Semmilyen jel nem utalt a tendencia változására. Az előző évhez, mint bázisértékhez viszonyított növekedés alakulását illetően azonban egyértelműen megállapítható, hogy a világ lakosságának éves bázison vett relatív növekedése szigorúan monoton csökkenő.



2. ábra. A világ népességének tárgyidőszakbeli alakulása.

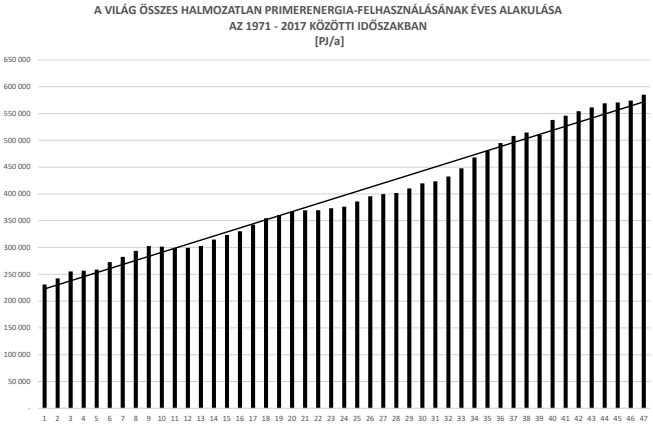
A világ 2010. évi konstans USA dollárban ppp (purchasing power parity: vásárlóerő paritás) értéken számolt globális GDP-termelése igen jelentős ütemben növekedett a tárgyidőszakban. Az 1971. évi 23 888 milliárd USD értékről 47 év alatt 113 555 milliárd USD értékre változott, ami a 475 százalékos eredő növekedésnek felel meg (*3. ábra*). A globális GDP-termelés átlagos éves bővülése 3,37% volt.



3. ábra. A globális GDP-termelés tárgyidőszakbeli alakulása.

A globális GDP-termelés évenkénti relatív változása igen változóan alakult, +7%/év és -0,2%/év közötti tartományban ingadozott. A 47 év alatt mindössze egyetlen évben, a 2008-as globális válság következtében zsugorodott a Föld GDP-termelése.

A világ éves halmozatlan összes primerenergia-felhasználása a szén-dioxid-kibocsátással majdnem azonos mértékben növekedett. 1971-ben az összes energiafelhasználás 231 088 PJ volt, és ez az érték 2017-re 584 990 PJ-ra változott, ami 253%-os eredő növekedésnek felel meg (*4. ábra*). A felhasználás éves átlagos bővülése 1,99% körüli értéknek felel meg. Az előző évhez, mint bázisévhez viszonyított százalékos változások teljességgel véletlenszerűen alakultak.



4. ábra. A globális összes halmozatlan primerenergia-felhasználás alakulása.

7. A származtatott idősorok elemzése

Származtatott idősorok alatt a bázis idősorokból képzett idősorok értendők. A vizsgálat szempontjából a *3. táblázat*-ban foglalt idősorok elemzése bír fontossággal. A táblázat az *1. táblázat*tal azonos felépítésű, ugyanazokat az alapvető információkat tartalmazza az egyes idősorokról.

MEGNEVEZÉS		R ÉRTÉKE
C: E	Szén-dioxid-kibocsátás: Energiafelhasználás	0.996889942
C: G	Szén-dioxid-kibocsátás: GDP termelés	0,993846318
C: P	Szén-dioxid-kibocsátás: Népesség	0,976221918
E: P	Energiafelhasználás: Népesség	0,989453535
E: G	Energiafelhasználás: GDP termelés	0,990553865
P: G	Népesség: GDP termelés	0,971481265

3. táblázat. A bázis idősorok közötti korreláció alakulása.

Az általános anyagi jólétet (életszínvonalat) komplex módon jellemző G/P érték a vizsgálati tárgyidőszakban a globális szén-dioxid-kibocsátással majdnem pontosan azonos mértékben nőtt, 47 év alatt az 1971. évi érték 2,38-szorosára változott. Abszolút értékben ez azt jelenti, hogy az egy főre jutó éves globális GDP-termelés 6351 USD/fő/év értékről 15103 USD/fő/év értékre változott. A változás (néhány évtől eltekintve) majdnem szigorúan monoton növekvő volt. Az előző évre, mint bázisévre vonatkoztatott relatív változások sztochasztikusan alakulnak, összességében azonban lassan növekedtek.

Az egységnyi GDP-termelésre jutó energiafelhasználás igen jelentősen változott a vizsgált tárgyidőszakban. 47 év alatt közel a felére csökkent. 2017-ben az értéke 5,15 $MJ/USD_{2010|ppp}$/év volt. A tárgyidőszakbeli változást (néhány évtől eltekintve) szigorúan monoton csökkenés jellemzi. Semmi jel nem mutatott e tendencia tartós változására. Az éves relatív változások azonban sztochasztikusan alakultak, tendenciájukban azonban az éves relatív csökkenések mértéke növekvő.

Az éves globális halmozatlan összes primerenergia-felhasználás karbon-intenzitása (vagyis az egységnyi éves halmozatlan összes primerenergia-felhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátás) abszolút értéke nagyon lassan ugyan, de csökkent valamelyest a tárgyidőszakban (60,3 t_{CO2}/TJ/év értékről 56,1 t_{CO2}/TJ/év értékre változott). Semmi jel nem utalt e tendencia megváltozására. Az éves (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) relatív változások enyhén növekvő tendenciát mutatnak.

Az egységnyi globális GDP-termelésre jutó éves átlagos szén-dioxid-kibocsátás, vagyis az átlagos éves globális GDP-termelés karbon-intenzitása (két évtől eltekintve) szigorúan monoton csökkenést mutatott a tárgyidőszakban, a vizsgált tárgyidőszakban a felére csökkent. Semmi nem utalt e tendencia tartós változására. Az éves relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások teljességgel véletlenszerűen alakulnak, tendenciájukban azonban lassan növekvő csökkenést mutatnak.

Az egy lakosra jutó éves szén-dioxid-kibocsátás globális átlaga a tárgyidőszakban változóan alakult, összességében mérsékelten növekedett, 3,71 t_{CO2}/fő/év értékről 4,37 t_{CO2}/fő/év értékre változott. Ez a változás 17,7 százalékos tárgyidőszakbeli növekedésnek felel meg. Az egyes években a relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások véletlenszerűen alakulnak, összességében enyhén növekvő tendenciát mutatnak.

Az egy főre jutó éves halmozatlan összes primerenergia-felhasználás globális átlaga a tárgyidőszakban véletlenszerűen változott, összességében azonban lassan növekvő tendenciát mutatott. A tárgyidőszakban 26,6 százalékkal nőtt az egy főre jutó energiafelhasználás globális átlaga, ami abszolút értékben azt jelentette, hogy a fajlagos energiafelhasználás 64 MJ/fő/év értékről 77,8 MJ/fő/év értékre emelkedett. Az egyes években a relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások mértéke enyhén csökkenő növekedést mutat. A tárgyidőszakbeli átlagos változási sebessége -0,504%/év.

8. A idősorok közötti sztochasztikus kapcsolat vizsgálata

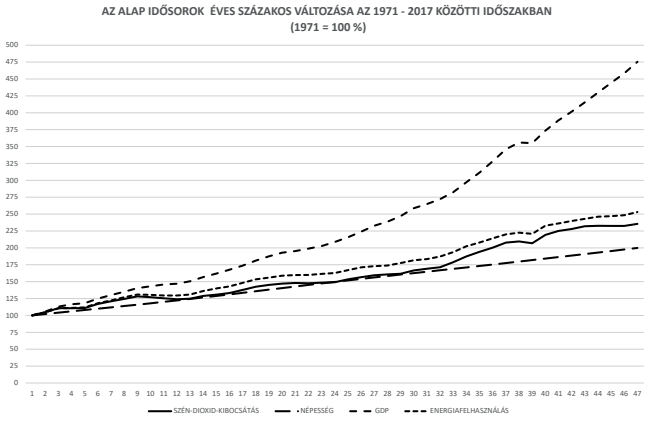
A bázis idősorok és a származtatott idősorok közötti korreláció értékét a *4. táblázat* tartalmazza.

A táblázatban foglalt értékek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a bázis idősorok közötti korreláció igen szoros. Ez arra utal, hogy az említett befolyásoló tényezők (hajtóerők) változása irányát tekintve megegyezik. Egyértelműen megalapozott tehát az a kijelentés, hogy ezek a hajtóerők meghatározó szerepet játszanak a légkörben levő (fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből) származó szén-dioxid mennyiségének alakulásában. A származtatott idősorok közötti sztochasztikus kapcsolat is igen erős, az R értéke 0,961 és 0,995 tartományban van. Mindezek alapján megállapításra és bizonyításra került, hogy a C sztochasztikus idősort eredményváltozónak tekintve, a (P), (G) és (E) sztochasztikus idősorokat pedig tényezőváltozónak tekintve rendkívül szoros korreláció áll fenn a (C)-(P), a (C)-(G) valamint a (C)-(E) idősorok között, azaz az említett kétváltozós korreláció értéke egyhez nagyon közeli érték.

Alapvető fontosságú azonban általánosságban annak kiemelt hangsúlyozása, hogy a sztochasztikus változók közötti korreláció nem jelent egyben szükségszerűen ok-okozati összefüggést a változók között. Az azonban bizonyíthatóan állítható, hogy ha két véletlen változó között ok-okozati összefüggés van (azaz az egyik változó mennyiségének a változása következménye a másik változó mennyisége változásának), akkor a két változó közötti korreláció értéke +1-hez, vagy -1-hez nagyon közeli, esetleg azzal megegyező érték. Egy példával megvilágítva az elmondottakat: az elmúlt ötven évben a világon kvázi folyamatosan növekedett az eladott Coca-Cola mennyisége, és ugyancsak kvázi folyamatosan növekedett a globális szén-dioxid-kibocsátás. A két véletlen idősort alkotó véletlen változók közötti korreláció bizonyíthatóan egyhez nagyon közeli érték, de józan ésszel semmiképpen nem gondolható, hogy a két sztochasztikus folyamat között bármiféle ok-okozati összefüggés lenne. Vagyis a korreláció önmagában nem jelent szükségszerűen ok-okozati összefüggést a két véletlen változó értékeinek alakulása között. Az azonban minden esetben kijelenthető, hogy amennyiben két véletlen változó között bizonyított ok-okozati összefüggés van, akkor a közöttük levő korreláció nagyon erős. Ezt minden esetben szem előtt kell tartani a klímaváltozással kapcsolatos idősorok analízise során.

9. Az Kaya-egyenletben szereplő hajtóerők alakulása a vizsgált tárgyidőszakban

A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy egymáshoz képest hogyan alakultak az egyes hajtóerők a közel fél évszázados tárgyidőszakban, vagyis a Kaya-egyenletben foglaltak alapján kiszámításra kerülnek az egyes hajtóerők relatív „súlyai" a globális szén-dioxid-kibocsátáson belül.



5. ábra. Az alap idősorok tárgyidőszakbeli relatív változása.

A SZÁRMAZTATOTT IDŐSOROK LEGFONTOSABB JELLEMZŐI					
MEGNEVEZÉS	**Abszolút értékbeli változás**		**Százalékos változás (1971 = 100 %) (1971 – 2017)**	**Éves átlagos változás százalékban (1971 – 2017)**	**Tendencia (1971 – 2017)**
	1971	**2017**			
G/P Egy főre jutó éves GDP-termelés globális átlaga, 2010. évi amerikai dollárban, vásárlóerő paritáson kifejezve. [$USD_{2010\|ppp}$/cap/a]	6351	15103	237,8 %	+1,86 %/a	Tendenciájában egyértelműen növekvő érték. Semmi nem utal tartós változásra a tendenciát illetően. Az előző évre, mint bázisévre vonatkoztatott relatív változások sztochasztikusan alakulnak, összességükben azonban lassan növekednek.
E/G Energia-intenzitás globális átlaga (egységnyi globális éves GDP-termelésre jutó, halmozatlan összes primerenergia-felhasználás, 2010. évi amerikai dollárban, vásárlóerő paritáson kifejezve. [$MJ/USD_{2010\|ppp}$/a]	9,6739	5,1516	53,3 %	+0,989 %/a	Egyértelműen, szigorúan monoton csökkenő értékek, nem utal semmi a tendencia tartós változására. Az éves változások (csökkenés) mértéke véletlenszerűen alakul, de tendenciájában az éves relatív csökkenés mértéke lassan növekszik.
C/E Az éves globális halmozatlan primerenergia-energiafelhasználás karbon-intenzitása (egységnyi éves halmozatlan összes primerenergia-felhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátás. [t_{CO2}/TJ/a]	60,3	56,1	93,0 %	+0,998 %/a	A kibocsátás abszolút értékét tekintve Nagyon kis mértékben csökkenő tendencia. Semmi jel nem utal e tendencia megváltozására. Az éves (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) relatív változások növekvő tendenciát mutatnak.
C/G Egységnyi globális GDP-termelésre jutó éves átlagos szén-dioxid-kibocsátás, vagyis az átlagos globális GDP-termelés karbonintenzitása, 2010. évi változatlan dollárban és vásárlóerő paritáson kifejezve. [$kg_{CO2}/USD_{2010\|ppp}$/a].	0,5838	0,2892	49,5 %	+ 0,985 %/a	Két évtől eltekintve szigorúan monoton csökkenő értékek. Semmi nem utal e tendencia tartós változására. Az éves relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások véletlenszerűen alakulnak, tendenciájukban azonban lassan növekvő csökkenést mutatnak.
C/P Egy lakosra jutó éves szén-dioxid-kibocsátás globális átlaga. [t_{CO2}/cap/a]	3,71	4,37	117,7 %	+ 0,349 %/a	A tárgyidőszakban változó tendenciájú, összességében mérsékelten növekvő fajlagos kibocsátás. Az egyes években a relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások véletlenszerűen alakulnak, összességében enyhén növekvő tendenciát mutatnak.
E/P Egy főre jutó éves halmozatlan primerenergia-felhasználás globális átlaga. [MJ/cap/a]	61,4	77,8	126,6 %	+0,504 %/a	A tárgyidőszakban változó tendenciájú, összességében lassan növekvő energiafelhasználás. Az egyes években a relatív (előző évre, mint bázisra vonatkoztatott) változások mértéke enyhén csökkenő növekedést mutat.

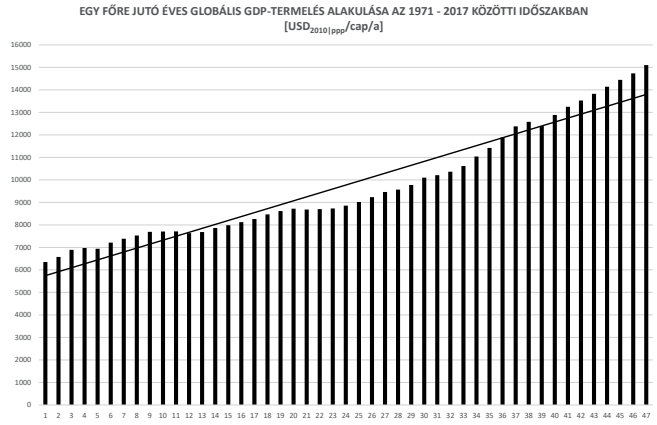
4. táblázat. A származtatott idősorok fő jellemzői.

A vizsgálatok alapjául szolgáló idősorok esetében ezek az értékek minden egyes évre vonatkozóan rendelkezésre állnak. Terjedelmi okok miatt csak négy (önkényesen választott) időszakra (1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010), illetve a vizsgált tárgyidőszak egészére (1971–2017) vonatkozóan kerülnek bemutatásra ezen számított értékek.

Az eredményeket összefoglalóan szemlélteti az *5. ábra*. Az ábrák a Kaya-egyenletben szereplő négy alapvető hajtóerő alkotta sztochasztikus idősorokra vonatkozóan mutatják az aktuális tárgyidőszakbeli százalékos változás előjeles értékeit. A tárgyidőszakbeli százalékos változások báziséve minden esetben az adott tárgyidőszak kezdőéve. Az *5. ábra* oszlopdiagramjai egyben megadják a százalékos változások számértékét is. Az ábrasor négy egymást követő évtizedre vonatkozóan adja meg az értékeket. Az egyes hajtóerők tárgyidőszakbeli változása értelemszerűen pozitív vagy negatív értékű lehet, azaz bekövetkezhet növekedés, vagy éppenséggel csökkenés az adott időszakon belül. Az oszlopdiagramok végső soron nem csak a változás relatív (bázisértékre vonatkoztatott) értékét adják meg, hanem

egyben információt szolgáltatnak a változások sebességére is. Hiszen a tárgyidőszakbeli időtartam szerepel az összefüggések nevezőjében, vagyis „sebességről" (időbeli első deriváltról) van szó. Szemügyre véve a kapott eredményeket, megállapítható, hogy a népesség növekedése és az egy főre jutó GDP értékének növekedése szignifikánsan meghatározó erejű volt mind a négy évtizedben, s ebből következően a teljes, majd fél évszázados időszakban. Globális átlagban (hangsúlyozottan: globális átlagban) a népesség globális növekedése és az anyagi jólét globális növekedése (amit a G/P idősor fejez ki) sokkal nagyobb mértékű és gyorsabb volt (abszolút értékben), mint a másik két hajtóerő változása (csökkenése). Nem szorul magyarázatra, és egyszerűen bizonyítható, hogy a népesség növekedése (P hajtóerő) és az anyagi jólét javulása ((G/P) hajtóerő) egyértelműen növelték a szén-dioxid-kibocsátást globális átlagban, míg az (E/G) és a (C/E) hajtóerők jellemzően ellenkező irányban befolyásolták a szén-dioxid kibocsátást globális átlagban. Ezen változások között ok-okozati összefüggés van! Ez annak volt a következménye, hogy az egységnyi GDP előállításához szükséges energiafelhasználás globális átlagban csökkent, azaz a GDP-termelés energiahatékonysága folyamatosan javult. Egyre kevesebb és kevesebb energia kellett egységnyi GDP megtermeléséhez. A (C/E) hajtóerő esetében már nem ilyen egyértelmű a változás iránya, hiszen látható az *5. ábra* alapján, hogy 2001 és 2010 között ez a hajtóerő kibocsátásnövelő hatású volt, hangsúlyozottan globális átlagban, míg általában a globális szén-dioxid-kibocsátást csökkentette. Mi ennek a magyarázata? Természetesen nagyon sok tényező együttes hatásának eredményeképpen alakult ki ez a helyzet. De a domináns ok az volt, hogy Kína globális mértékben is rendkívül erősen növelte a szénbázisú energiatermelését (villamosenergia-termelését), aminek következtében az egységnyi energiafelhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátást jellemző korábbi világtendencia megfordult. Ezért szerepel ez a hajtóerő a negyedik oszlop tetején, mint kibocsátást növelő tényező.

A *6. ábra* ugyanezen tárgyidőszakokra vonatkozóan mutatja a globális szén-dioxid kibocsátás alakulását. Látható, hogy a változás mértéke korántsem egyenletes az egymást követő négy évtizedben. A két ábra által közölt információkat összegezve az állapítható meg, hogy globális méretekben



6. ábra. Az egy főre jutó GDP-termelés globális átlagának alakulása.

a fosszilis eredetű szén-dioxid-kibocsátás domináns hajtóerői a népesség és az anyagi jólét növekedése. Ezt a tendenciát mindezidáig nem volt képes ellensúlyozni a két kibocsátáscsökkentő hajtóerő, nevezetesen az E/G és a C/E hajtóerő. A P és a G/P hajtóerők sokkal gyorsabban növekednek abszolút értékben, mint a másik két, alapvetően a kibocsátást csökkentő hatóerő. Ez igen nagy horderejű megállapítás, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni a globális klímavédelmi stratégia kialakításakor.

10. Az idősorok elemzéséből levonható legfontosabb következtetések

A bemutatott idősorok áttekintése alapján maguktól értetődő módon adódnak a következtetések. Célszerű azonban mégis röviden összefoglalni a legfontosabb megállapításokat. Mindenekelőtt meghatározó tényként rögzíthető, hogy a vizsgált majd fél évszázados időszakban egyértelműen nőtt a fosszilis eredetű CO_2-kibocsátás. Ez szükségszerű következménye annak, hogy a Föld lakossága (P), valamint az egy főre jutó CO_2-kibocsátás globális átlaga (C/P) növekedett, mivel az összes (globális) kibocsátás a népesség számának és az egy főre jutó CO_2-kibocsátás globális átlagának szorzataként adódik, vagyis C = P*(C/P). És ez matematikai szükségszerűséggel így is marad, amíg az előző évre, mint bázisévre vonatkoztatott (relatív) változása mindkét szorzótényezőnek egynél nagyobb értékű, vagy pedig a két relatív érték szorzata egynél nagyobb értékű. Azaz a globális szén-dioxid-kibocsátás mindaddig megállíthatatlanul növekedni fog, amíg az alábbi összefüggés fennáll:

$$\left[\left(a=\frac{P_i}{P_{(i-1)}}\right)*\left(b=\frac{\frac{C_i}{P_i}}{\frac{C_{(i-1)}}{P_{(i-1)}}}\right)\right]=(a*b)>1$$

Az összefüggésben az „i" index egy tetszőlegesen kiválasztott tárgyévet jelöl, az „a" tényező pedig a Föld lakossága előző évre, mint bázisévre vonatkoztatott változásának relatív értékét jelöli, míg a „b" tényező az egy főre jutó CO2-kibocsátás globális átlagának előző évre, mint bázisévre vonatkoztatott relatív értékét jelöli.

Egyszerűen megfogalmazva az előbbiekben mondottakat: addig nő a globális kibocsátás, amíg vagy mindkét tényező egyszerre lesz egynél kisebb értékű, vagy amikor az egyik tényező nagyobb mértékben csökken, mint amennyire a másik tényező növekszik. Vagyis a következő esetekben:

1. vagy a Föld népessége és az egy főre jutó CO_2-kibocsátás globális átlagának előző évre, mint bázis évre vetített (azaz relatív) értéke együttesen csökken;

2. vagy a Föld népessége relatív mértékben jobban csökken, mint amennyivel az egy főre jutó CO_2-kibocsátás relatív értékben növekszik;

3. vagy a Föld népessége relatív értékben kisebb mértékben növekszik, mint amennyivel az egy főre jutó CO_2-kibocsátás relatív mértékben csökken.

Nem szorul az sem magyarázatra, hogy az egy főre jutó CO_2-kibocsátás (C/P) értékének változása szorosan összefügg (szükségszerű ok-okozati! következménye) az egy főre jutó fosszilis eredetű primerenergia-felhasználásnak ($E_{fosszilis}$/P). Érdemes egy pillantást vetni a két idősor tárgyidőszakbeli alakulására, s akkor ez nyilvánvalóvá válik! Vagyis amíg relatív értékben ez az érték globális átlagban nem csökken, addig csak (2) esetben lehetséges a globális kibocsátás csökkenése. Egyszerűen fogalmazva: globális átlagban a népesség és a jólét növekedése a szén-dioxid-kibocsátás bizonyítottan legfőbb hajtóerői. Ez perdöntő jelentőségű konklúzió.

11. Globális versus regionális trendek

Nagyon fontos azonban rögtön annak kiemelése és nyomatékos hangsúlyozása, hogy az eddigiekben globális átlagértékekről volt szó. Alapvetően téves lenne pusztán a globális átlagértékek alapján elhamarkodott következtetéseket levonni. Ezek alapján ugyanis, nem megengedhető módon, arra a nagyon leegyszerűsített és téves következtetésre lehetne jutni, hogy a népesség növekedése és az anyagi jólét növekedése szükségszerűen és elkerülhetetlenül a szén-dioxid-kibocsátás növekedését eredményezi, ugyanis a P, és a G/P (végső soron az $E_{fosszilis}$/P) hajtóerők szignifikánsan gyorsabban és nagyobb mértékben növekednek, mint a kibocsátást csökkentő E/G és C/E hajtóerők. A helyes és megalapozott véleményalkotáshoz szükséges egy sokkal differenciáltabb, országonkénti, régiónkénti analízis is. Ennek alapján ugyanis bizonyítottan megállapítható, hogy csak a gazdasági fejlődés meghatározott szakaszában érvényes az előbbi megállapítás, miszerint a népesség növekedése (P) és az anyagi jólét (G/P) növekedése szükségszerűen a szén-dioxid-kibocsátás növekedését eredményezi. A gazdaságilag fejlett országokban és régiókban ez a tendencia, ez a megállapítás már nem igaz! Ezen országok és régiók esetében a szén-dioxid kibocsátás vagy stagnál, vagy csökken, miközben a lakosság száma (ha a globális átlagnál sokkal szerényebb mértékben is) nő, vagy stagnál (igaz egyes régiókban, országokban csökken) és az anyagi jólét (G/P) viszont szignifikánsan növekszik! Ezen megállapítást alátámasztó részletes vizsgálatok bemutatására itt most terjedelmi korlátok miatt nincs lehetőség, ez egy másik áttekintés témája.

Az IPCC tanulmány idézett megállapításai a globális átlagértékekre vonatkoznak, és nagyon leegyszerűsítve azt fogalmazzák meg a tények alapján, hogy az egy főre jutó nemzeti össztermék globális átlagának és a világ lakosságának a növekedése a két legfontosabb hajtóereje a globális CO_2-kibocsátás növekedésének. Másképpen fogalmazva arról van szó, hogy e két hajtóerő gyorsabban növekszik, mint a globális CO_2-kibocsátást ellenkező irányban befolyásoló (azaz a kibocsátást csökkentő) másik két alapvető hajtóerő, vagyis az egy főre jutó GDP-termelés energia-intenzitása és az egy főre jutó halmozatlan energiafelhasználás karbon-intenzitása.

A globális átlagértékek azonban elfedik az egyes régiók, országok közötti meglévő igen jelentős különbségeket. Ezek a különbségek nem egyszerűen az alapvető hajtóerőket jellemző értékek számszerű különbségében jelentkeznek. A lényegi különbségek abban jelentkeznek, hogy egyes régiókban és országokban (= lényegileg a gazdaságilag legfejlettebb régiókban és országokban) megfordult a GDP növekedés és a népesség növekedés, valamint a CO_2-kibocsátás közötti összefüggés, azaz nem áll fenn jellemzően a világ egészére nézve napjainkban domináns törvényszerűség, miszerint a gazdasági fejlődés és a népesség növekedése szükségszerűen a CO_2-kibocsátás növekedésével jár. Nagyon leegyszerűsítve kijelenthető, hogy a fejlettebb régiók, országok esetében az említett hajtóerők közötti kapcsolat (korreláció) alapvetően más, lényegében ellentétes a gazdasági fejlettség alacsonyabb szintjén álló régiókban, országokban ezen hajtóerők közötti kapcsolattal.

Irodalom

Behringer, W., 2010: A klíma kultúrtörténete. A jégkorszaktól a globális felmelegedésig. Corvina Kiadó, Budapest.

Caradonna, J. L., 2014: Sustainability. A History. Oxford University Press, New York, Aucland.

Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Fagan, B., 2012: A nagy felmelegedés. A klímaváltozás és a civilizációk felemelkedése és hanyatlása. Európa Könyvkiadó, Budapest.

https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=JAFEBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT19&dq=Climate+Change+2014:+Mitigation+of+Climate+Change.+Contribution+of+Working+Group+III+Ezekhez+is+k%C3%A9rem+a+heto+the+Fifth+Assessment+Report+of+the+Intergovernmental+Panel+on+Climate+Change&ots=dACFvI1758&sig=pDduBKpFltjcT_NqhrWlyjbGleg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

International Energy Agency (IEA) 2019:CO2 Emission from Fuel Combustion, Highlights.

International Energy Agency (IAE), 2020: World Energy Outlook 2020. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020

International Energy Agency (IAE), 2021: Global Energy Review 2021. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021

Jancovici, J.-M., 2014: What is Kaya's Equition? https://jancovici.com/en/climate-change/economy/what-is-kayas-equation

Kaya, Y. and *Yokobori, K.*, 1997: In (ed.: Kaya, Y. and Yokobori, K.), Environment, Energy and Economy: Strategies for Sustainability. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.

Kaya, Y., Yamaji, K. and *Akamato, K.*, 2015: Climate Change and Energy: Japanese Perspectives on Climate Change Mitigation Strategy. ICP Series on Climate Change Impacts, Adapt. and Mitig. 4., Imperial College Press, London. https://doi.org/10.1142/p969

Reményi K., 2010: Energetika, CO2, Felmelegedés. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Robertson, M., 2014: Sustainability. principles and Practice. Routledge Taylor and Francis Group, London and New York.

KLÍMASZORONGÁS
Bénító vagy inspiráló?

CLIMATE ANXIETY
Paralysing or inspiring?

Fajzi György

BSZC Szent-Györgyi Albert Technikum és Kollégium, 5600 Békéscsaba, Pásztor u. 1., *fajzigyorgy@gmail.com*

Összefoglalás. A környezeti krízis egyik hatása a klímaszorongás, melynek jelentőségére a tudomány is csak az utóbbi években figyelt fel. A klímaszorongás a környezeti érzelmeknek a tudományban és a médiában is a leggyakrabban emlegetett fajtája. A médiában a fogalom divatossá vált, de használata gyakran nem egységes és nem is következetes. Érzelmeink a szükségleteink kielégítésével kapcsolatban keletkeznek. Mindkét rendszer genetikailag erősen meghatározott, de az események (helyzetek, történetek, saját és mások viselkedése) és a szükségletek összefüggésének értelmezésében a tanult, megváltoztatható elemek is fontos szerepet játszanak. A klímaszorongás csökkentése és konstruktívabb érzésekké alakítása tehát jelentős mértékben az értelmezés módosításában, megváltoztatásában, sőt sok esetben a szemléletváltásban rejlik. A klímaszorongás szempontjából legérintettebb csoportok közé tartoznak a témakörrel foglalkozó szakemberek, ezért számukra a szűrést és a speciális pszichológiai segítségnyújtást – a klímaváltozás elleni küzdelem új elemeként – célszerű lenne könnyen elérhetővé tenni.

Abstract. The importance of climate anxiety or eco-anxiety, which is one of the impacts of the environmental crisis, has only recently been noticed by the scientists. Eco-anxiety is a type of environmental emotions, which is cited the most commonly in the sciences and the media as well, however, it became popular to be used, although its usage is neither unified nor consistent. We gain our emotions by the fulfilment of our needs. However, both systems are strongly defined by genetics, in the evaluation and interpretation of the correlations between events (like situations, stories as well as the behaviour of mine and other people) and needs, it is important to mention the role of changeable, learned traits, as well. So, the decrease of eco-anxiety as well as its transformation into more constructive emotions are in the amendment or changing of its interpretation, moreover, in most cases it means a completely different approach. From the aspect of eco-anxiety, one of the most affected groups is the group of scientists involved in this topic. This is why, as a new element within the fight against climate change, it may be essential to make check-ups and psychological support easily accessible to them.

A klímaszorongás fogalma. Az éghajlatváltozás nem csupán önmagában jelent egzisztenciális fenyegetést a mai ember és utódai számára, hanem a környezeti kihívások többi elemével együtt veszélyeztetik technikai civilizációnkat, amelytől egyre inkább függünk. *Antal* (2015) ezt a függést az intenzív osztályon fekvő beteg helyzetéhez hasonlítja, akinek puszta életben tartásához is nagyon sok minden szükséges. Ahogy ő nem tudna ezek nélkül életben maradni, úgy a természetben mi sem lennénk erre képesek. Ezért a globális technikai civilizációt veszélyeztető folyamatok mindnyájunk számára egzisztenciális kockázatot jelentenek. A különböző környezeti pusztítások, veszteségek és kockázatok hatásai egymást erősítve összefonódnak, így növekvő mértékben veszélyeztetik jövőnket (*Meadows et al.*, 1972; *Meadows et al.*, 2005; *Assadourian*, 2010). Ennek felismerése félelmet, szorongást okoz egyre több emberben, ezért egy új jelenség, az ún. klímaszorongás van elterjedőben. A fogalom néhány éve vált gyakorivá a tudományban, majd a médiában is, ezért eddig csak kevés empirikus kutatás történt a témakörben (*Pihkala*, 2020). Használata a médiában nem egységes és nem is mindig következetes, gyakran összemosódik az egyéb környezeti kihívások miatti szorongásokkal és más környezeti érzelmekkel (*Pihkala*, 2019). Mégis fontos fogalom, mert a környezeti krízis eddig nem ismert hatását írja le.

A klímaszorongás **szűk értelemben** az éghajlatváltozással kapcsolatos szorongást, félelmet jelenti. **Tág értelemben** a környezeti kihívásokkal kapcsolatos érzéseket jelenti, amit a szakirodalomban is elterjedt „környezeti érzelmek” kifejezéssel fogok jelölni.



A környezeti érzelmek és a klímaszorongás.

Az egyénekben általában több környezeti érzelem kimutatható, amelyek együttesen befolyásolják a jóllétet és a viselkedést. A különböző érzelmek különbözőképpen hatnak ezekre, ezért fontos kérdés, hogy a klímaszorongás és a többi környezeti érzelem hogyan hat az egyéni és kollektív jóllétre és a fenntartható viselkedésre (*Stanley et al.*, 2021).

Az érzések, érzelmek jelentősége. *Frijda* (1987) kifejti, hogy az események (helyzetek, történések, saját és mások viselkedései) értelmezésénél akkor keletkeznek érzelmek, amikor szükségleteinkkel, ill. azokat szolgáló dolgokkal, célokkal hozzuk őket kapcsolatba. Ez az értelmezés legtöbbször tudattalan, de lehet tudatos is. Ha szükségleteink kielégítését az események elősegítik, akkor pozitív érzést okoznak, ha pedig gátolják, akkor negatívat. A keletkezett pozitív és negatív érzések jelentős motivációs erővel rendelkeznek, így nagy hatással vannak a viselkedésre, ezen belül a fenntartható viselkedésre is.

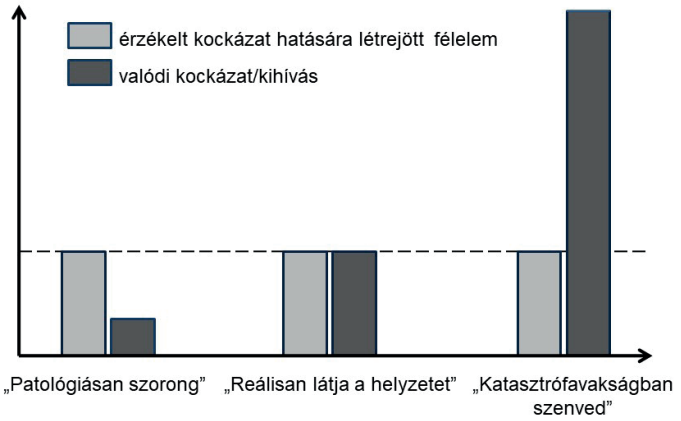
Szükségleteink és érzésvilágunk genetikailag erősen meghatározott, alapjait öröklött pszichológiai programok alkotják (mint ahogy testünk felépítése is nagy mértékben öröklött), ezért az egész emberiség esetében hasonlóak. Csakhogy ezek a programok az emberré válás évmilliói során, a kőkori körülményekhez való alkalmazkodás közben alakultak ki az akkor felmerülő szelekciós problémák megoldásának elősegítése érdekében, ezért egy részük a mai körülmények között inadaptívvá vált. Minden program egyetlen evolúciós célt szolgált, az egyén génjeinek (ami részben a családban, rokonokban is megtalálható) minél hatékonyabb továbbadását a következő nemzedékek számára (*Dawkins*, 1986; *Bereczkei*, 2003). Mivel az utóbbi évezredekben, a viszonylag rövid idő miatt, az emberi elmében alapvető változás nem történt – az evolúciós pszichológia megalapozói szerint *„Modern koponyánkban kőkori elme lakik”* (*Cosmides* and *Tooby*, 1997) – ezért ma is ezekkel a kőkori alapokon nyugvó hajtóerőkkel vagyunk kénytelenek szembenézni technikai civilizációnk kihívásaival. Természetesen a globális társadalmi-környezeti-éghajlati krízis megoldására sem rendelkezünk pszichológiai programokkal vagy kulturális hagyományokkal, sőt nagyon sok program és hagyomány a krízis megoldásával szembeni viselkedésre ösztönöz. Ez azonban csak legyőzendő akadálya a krízis megoldásának. Az öröklött hajtóerők ugyan nem változtathatók meg, de megvalósulásuk következményei igen, amit két példán keresztül szeretnék szemléltetni:

A szexuális hajtóerők esetében a fogamzásgátlással elkerülhető annak legfőbb eredeti célja, a minél több utód létrehozása. Vagy például az édes ízekhez való vonzódásunk, ami a szűkös kalóriaforrás idején adaptív volt, de ma túl könnyen hozzáférhetünk az édességekhez, ami egészségtelenül sok fogyasztást eredményez. Az édességek iránti vágyunkat nemigen tudjuk csökkenteni, de édesítőszerekkel mégis korlátozhatjuk a cukorfogyasztásunkat. Így elkerülhetjük az öröklött hajtóerő eredeti céljával ellentétes, evolúciós sikerünket csökkentő hatásait (*Fövényi*, 2010). Ezek a példák rámutatnak arra, hogy az őskori körülmények között adekvát szükségleteinkkel és érzésvilágunkkal is lehet egészségesen, jóllétben és fenntartható módon élni (Lásd részletesen: *Fajzi* and *Erdei*, 2015). Ha pedig ez így van, akkor mindez társadalmi szinten is működőképes stratégia lehet.

Tehát kőkori motivációs rendszereink és érzelemvilágunk nem akadályozzák meg társadalmi szinten sem a folyamatos fenntartható működésmódot. Ennek megvalósítása, vagyis a fenntarthatóságba való átmenet azonban hatalmas kihívás a társadalmak számára. *Diamond* (2009) Összeomlás című könyvében bemutatja, hogy a történelem során a rugalmasabban és gyorsabban alkalmazkodó társadalmaknak sikerült a környezeti kihívásokra megfelelő válaszokat adni. A többség azonban túl merevnek bizonyult és összeomlott, mint például a Húsvét-sziget kultúrája. A klímaszorongás reális okának tekinthető tehát a társadalmi alkalmazkodóképességünk rugalmasságában és gyorsaságában való kételkedés. Ebből az következik, hogy a klímaváltozás nem környezeti, hanem társadalmi probléma.

Társadalmi szempontból pedig a fő kérdés az, hogy a különböző fajta és mértékű érzelmek hogyan hatnak a fenntartható viselkedésre.

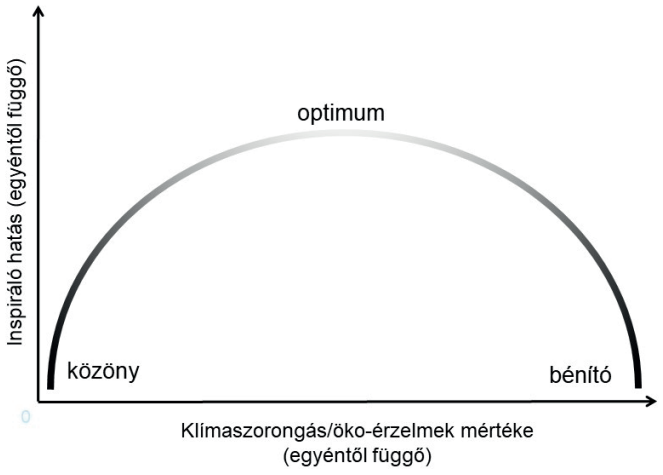
A klímaszorongás mértéke. A klímaszorongás mértékét nem érdemes a valós veszélyhez viszonyítani, mert egyrészt nem ismerjük annak pontos nagyságát, másrészt



A klímaszorongás mértéke.

pedig a félelem minősítése (reális vagy irreális) nem segítene a szorongó emberen.

Pihkala (2019) és mások is kifejtik, hogy a klímaszorongás és a többi negatív környezeti érzelem nem betegség, hanem jelenség, egy érthető reakció, amit a körülöttünk lévő súlyos környezeti rombolások, negatív tendenciák és kockázatok okoznak. A szorongás mégis problémát jelent-



A klímaszorongás hatása az egyénre.

het, ha egy személy annyira intenzíven éli meg, hogy szinte megbénul a félelemtől, vagy akár jelentősen csökkenti cselekvőképességét és szubjektív jóllétét. Ezért a szorongást vagy bármely környezeti érzelmet érdemes az egyénre gyakorolt hatása alapján megítélni. Meg kell tudni, hogy milyen hatással van az egyén jóllétére és hatékonyságára. A túl erős fékező-bénító és kellemetlen-szenvedést okozó érzelmek esetében ezek csökkentése az első cél az optimális teljesítmény és jóllét irányába.

Ezt követően pedig konstruktív érzelmekké történő átalakításukra érdemes törekedni, amik lehetnek egyrészt pozitív érzelmek, mint pl. bizakodás, céltudatosság, elszántság, lelkesedés stb. *Fredrickson* (2011) kísérletekkel is bizonyított „láss-gyarapíts" elmélete (Broaden-and-Build Theory) szerint ugyanis a pozitív érzések tartósan gyarapítják az egyén személyes erőforrásait azáltal, hogy tágítják az ember aktuális gondolkodási-cselekvési repertoárját. Ezért megnő a lehetősége a kreativitásnak, a kreatív kommunikációnak és ezek által az innovációnak.

Másrészt pedig a klímaszorongásnak más, negatívnak minősített érzelmekké alakítása is konstruktív lehet. Ugyan *Wullenkord és munkatársai* (2021) azt találták, hogy az erősebb klímaszorongás pozitívan korrelál a környezetbarát szándékokkal és viselkedéssel, valamint az ilyen típusú éghajlati politikák támogatásával, azonban *Stanley és munkatársai* (2021) kutatásai szerint az általában negatívnak minősített érzelmek közül a **környezeti harag** növeli leginkább a klímabarát viselkedés gyakoriságát, főleg kollektív területeken, mint pl. petíció aláírása, tüntetésen, megmozduláson való részvétel stb. Szerintük a környezeti szorongás csak látszólag növeli a klímabarát viselkedés valószínűségét, mégpedig azért, mert gyakran együtt jár a környezeti haraggal. Igy a környezeti szorongás csökkentése és főleg átalakítása révén a fenntartható gondolkodásmód és viselkedés fontos erőforrásává válhat.

A túlzott klímaszorongás kezelése. A túlzott klímaszorongás optimális mértékűvé alakítása komplex stratégiát igényel az alábbi területeken:

Egészséges életmód: csökkenti a szorongást, ezért először ezt érdemes végig gondolni és megvalósítani. Ide tartozik a rendszeres, élvezetes és egyéni adottságokhoz alkalmazkodó intenzív testmozgás. Ide tartozik még az egészséges táplálkozás, a megfelelő alvás, a kölcsönös és támogató szociális kapcsolatok és a kielégítő szexualitás.

Aktív fenntartható viselkedés: társadalmi és egyéni szinteken. A veszély elleni cselekvés és összefogásokban való részvétel csökkenti a szorongást, a tehetetlenség érzést és növeli az elkötelezettséget.

A pszichológiai segítségnyújtás: lehet egyéni, csoportos vagy társadalmi szintű, amikor a társadalmi kommunikáció, ill. marketing megtervezői figyelembe veszik a pszichológiai szempontokat, tanácsokat.

Pszichológiai segítségnyújtás.
Átkeretezés. Fentebb megállapítottuk, hogy az események értelmezésekor akkor keletkezik érzelem, amikor a szükségleteink kielégítésével hozzuk azokat kapcsolatba. Az érzelmek és szükségletek nehezen változtathatók meg, de a köztük lévő kapcsolat értelmezése helyesbíthető, módosítható és kiegészíthető, aminek hatására az érzelmek is változhatnak.

Az értelmezés módosítása, vagyis az átkeretezés irányulhat az egyén helyzetére is. A fenntarthatósággal kapcsolatosan például az egyén gondolhatja, és ezért érezheti magát tehetetlen *áldozatnak*, aki fél a jövőtől vagy *hősnek*, aki felismerte, hogy mit kell tenni ebben a helyzetben és meg is teszi. Mivel az emberek általában hajlamosak magukat saját életük főhőseként szemlélni, valamint hősöket választani és követni (*Jung*, 1993), ezért az átkeretezés, illetve szemléletváltás sikerének jó esélyei vannak. A hős szerepében, ami az egyén identitásának részévé is válhat, az ehhez tartozó szükségletek és érzelmek aktiválódnak, mint például a bátorság, tenni akarás, másokról való gondoskodás, áldozatvállalás stb. Ilyen identitás és érzésvilág esetén már kevesebb helye és „létjogosultsága" lesz a szorongásnak.

A hős szerepe közel esik Erikson (*Carver* and *Scheier*, 2002) pszichoszociális fejlődéselméletének a felnőttkorra vonatkozó részével, amiben az *alkotóképesség* kibontakoztatását tartja az egyén legfőbb életfeladatának. Felfogása szerint alkotás lehet minden, ami az egyénnek fontos és túlmutat saját életén, pl. gyermekei, tanítványok, más embereken való segítés, szellemi vagy fizikai alkotások stb. A fenntarthatóságba való sikeres átmenetért küzdő hős is hasonló célokért küzd, ami Erikson szerint a kiteljesedett, megelégedett élet legfőbb feltétele.

Szintén közel esik a hősök szerepéhez *Toynbee* (1971) felfogása a *„teremtő kisebbségről"*. Azok tartoznak közéjük, akik még időben felismerik a civilizációs kihívásra adandó megfelelő választ vagy válaszokat. Ha sikerül magukkal ragadni a többséget és megvalósítani a szükséges változtatásokat, ami fő küldetésük, akkor társadalmuk fennmarad és tovább fejlődik. Tehát a hősnek hozzá hasonló felfogású hősökhöz kell csatlakoznia, hogy célját elérhesse és azért is, hogy folyamatos társas megerősítést kaphasson, ami szintén csökkenti a szorongást.

A kreativitás és kreatív kommunikáció kibontakoztatásának serkentése is feladata lehet a beavatkozásnak, mivel ez nélkülözhetetlen a változáshoz, változtatáshoz és mások változásának elősegítéséhez. Az önkifejezés csökkenti a negatív érzelmeket, mint pl. szorongás, depresszió, tehetetlenség, és növeli az inspiráló társas támogatást.

A bűntudat megelőzése. Szét kell választani az egyén saját magára vonatkozó egzisztenciális szorongásait (pl. betegségektől, szenvedésektől, haláltól) és a másokra (gyermekek, unokák, utódok, rokonok, barátok, más emberek) vonatkozókat, vagyis a féltést, aggódást. Egyrészt azért, mert a saját magára vonatkozó szorongások okainak sorrendjében a klímaszorongást általában több ok is megelőzi. Másrészt pedig azért, mert az egyén saját magára vonatkozó szorongásait az elhárító mechanizmusok erőteljesebben szorítják ki a tudatból, mint a másokra vonatkozókat. Tehát

az egyén saját sorsa szempontjából talán nem a legfontosabb kérdés a környezet és klíma állapota, de a lényeg, hogy ezzel ne zárjuk le, intézzük el a dolgot. Itt vannak ugyanis a gyerekek, az utódok, a már megszületettek és az ezután születők, akiknek sorsa szempontjából viszont a környezeti krízis kimenetele a legfontosabb kérdés. Ők mégsem tudhatják megoldani, csakis mi, bölcsen gondolkodó felnőttek. Ha viszont nem élünk a felismert hatalmas veszély számunkra elérhető csökkentési lehetőségeivel, akkor a bűntudat érzésének tesszük ki magunkat.

A legérintettebb csoportok. A klímaszorongásra különösen érzékenyek a fehéren-feketén gondolkodó **gyerekek**, akik legtöbbje eredetileg a bölcs és majdnem mindenható felnőttek társadalmában érezte magát. A jövőjükkel kapcsolatos bizonytalansággal való szembesülés azonban gyakran csalódást és szorongást vált ki belőlük. Ennek feldolgozása és kíváncsisággá, cselekvési vággyá alakítása fontos feladat, melyben a családnak, az iskolának és a médiának is nagy szerepe van.

A szorongásra általában érzékeny egyének nagyon sokan vannak, a népesség körülbelül 20%-a ide tartozik. Szorongásaikat növelheti, súlyosbíthatja a környezettel, klímával kapcsolatos bizonytalanság. Ezért a mentális segítőknek meg kellene ismerni a problémát a megfelelő ellátás biztosítása érdekében.

A klímaszorongás szempontjából legérintettebb csoportok közé tartoznak **a témakörrel foglalkozó szakemberek**. Ők nap mint nap szembesülnek a pusztításokkal és kockázatokkal, ezért elméjüket nem védelmezhetik hatékonyan a negatív érzésekkel szemben az elhárító mechanizmusok. Számukra a szűrést és a speciális pszichológiai segítségnyújtást célszerű lenne könnyen elérhetővé tenni lelki egyensúlyuk biztosítása érdekében. A lehetőség egyben a klímaváltozás elleni küzdelem új eleme is lehetne.

Összegzés. A klímaváltozás egyik hatása a klímaszorongás, ami súlyosabb esetekben csökkenti az egyén szubjektív jóllétét és hatékonyságát. A klímaváltozás és a többi környezeti kockázat egyre alaposabb megismerésével, közismertté válásával a klímaszorongás gyakorisága és súlyossága várhatóan növekedni fog. A jelenség kezelésének érdekében már most érdemes társadalmi szinten kiépíteni a pszichológiai és egyéb segítségnyújtás módszereit. A média és az oktatás adta lehetőségeket kihasználva elő lehet segíteni az egészséges életmód és az aktív fenntartható viselkedés általánossá válását. Így egyéni és társadalmi szinten is elkerülhetnénk a klímaszorongás bénító hatásait, hogy helyette az egyedülálló kihívás inspiráló hatásai domináljanak.

Irodalom

Antal, Z. L., 2015: Klímaparadoxonok. Lehet-e harmónia természet és társadalom között? Budapest, L'Harmattan, pp. 200.

Assadourian, E., 2010: A fogyasztói kultúra tündöklése és bukása. In:, A világ helyzete 2010. A kultúra átalakítása. Fogyasztástól a fenntarthatóságig, Budapest, Föld Napja Alapítvány, 21–42.

Bereczkei T., 2003: Evolúciós pszichológia. Budapest, Osiris.

Carver, C.S. and *Scheier, M.F.*, 2002: Személyiségpszichológia. Budapest, Osiris.

Cosmides, L.M. and *Tooby, J.,* 1997: Evolutionary psychology: A Primer. Letöltve: 2013.01.20. http://www.cep.ucsb.edu/primer.html

Dawkins, R., 1986: Az önző gén. Budapest, Gondolat.

Diamond, J., 2009: Összeomlás. Budapest, Typotex.

Fajzi Gy. és *Erdei, S.*, 2015: Fenntartható pozitív mentális egészség. A pozitív mentális egészség kibontakoztatása a fenntartható gondolkodásmód és viselkedés keretében. *Mentálhigiéné és Pszichoszomatika*, 16, 55–92. https://doi.org/10.1556/Mental.16.2015.1.3.

Fövényi J., 2010: A metabolikus szindróma és a 2-es típusú diabetes megszaladása. In (Szerk.: *Csányi V., Miklósi Á.*) Fékevesztett evolúció. Megszaladási jelenségek az emberi evolúcióban, Budapest, Typotex, 61–86.

Frijda, N.H., 1987: The emotions. Cambridge, Cambridge University Press.

Fredrickson, B. L., 2011: A pozitív érzelmek láss-gyarapíts elmélete. In (Szerk.: *Csíkszentmihályi M., Csíkszentmihályi I. S.*), Élni jó! Tanulmányok a pozitív pszichológiáról. Budapest, Akadémiai Kiadó, 114–136.

Jung, C.G., 1993: Az ember és szimbólumai. Budapest, Göncöl Kiadó.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and *Behrens, W. W.*, 1972: The limits to growth. New York, Universe Books.

Meadows, D.H., Randers, J. and *Meadows, D.L.,* 2005: A növekedés határai: harminc év múltán. Budapest, Kossuth Kiadó.

Pihkala, P., 2019: Climate Anxiety. Helsinki, MIELI Mental Health Finland.

Stanley, S. K., Hogg, T. L., Leviston, Z. and *Walker, I.*, 2021: From anger to action: Differential impacts of eco-anxiety, eco-depression and eco-anger on climate action and wellbeing. *Climat. Change Health 1*, 100003. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100003

Toynbee, A.J., 1971: Válogatott tanulmányok. Budapest, Gondolat.

Wullenkord, M. C., Tröger, J., Hamann, K. R. S., Loy, L. S. and *Reese, G.*, 2021: Anxiety and Climate Change: A Validation of the Climate Anxiety Scale in a German-Speaking Quota Sample and an Investigation of Psychological Correlates. https://doi.org/10.31234/osf.io/76ez2

A 2021. ÉVI TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL

ABOUT THE 2021 LAKE STORM WARNING SEASON

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter

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

Bevezetés

Október végén lezárult a 87. viharjelzési szezon a Balatonnál és a Velencei-tónál, és a 10. teljes viharjelzési szezon a Tisza-tónál.

A szezon a koronavírus világjárvány kitörésének második évében zajlott. Az év eleje óta fokozatosan egyre többek számára vált lehetővé a koronavírus elleni védőoltás felvétele, így a beoltottak számától függően a nyári turisztikai főszezon idejére már lépcsőzetesen sok, az emberek mozgásával kapcsolatos korlátozást enyhítettek. Júliustól azonban a rendelkezések szerint még a sportrendezvények, a zenés-táncos rendezvények, illetve a zárt térben tartott, vagy 500 főt meghaladó szabadtéren tartott egyéb rendezvények esetében maradtak a korlátozások, ezeken csak védettségi igazolvánnyal lehetett részt venni. A korlátozások időszakában néhány tóparti zenés tömegrendezvény szervezője továbbra is a program halasztásáról hozott döntést, más rendezvényeket viszont megtartottak. A hagyományos sportrendezvények, így a Balaton átúszás, a Balaton átevezés, triatlon versenyek megtartásra kerültek.

A koronavírus járvány átmeneti lecsengő időszakában a Balaton népszerű hely volt. Augusztusban az országos szinten elfoglalt belföldi vendégéjszakák több mint harmadát a Balaton régióban regisztrálták.

A Balatoni Hajózási Részvénytársaságnál a kompforgalom már 2021. október 17-én elérte a teljes 2019. évi utasszámot, míg országosan a turizmus még nem tért vissza a járvány előtti szintre.

1. A viharjelzési szezon időjárásáról

A tavasz és a nyár időjárása különösen mozgalmasan alakult: bővelkedett erős viharokban, tartósabban szeles, de nyugodtabb időszakok is előfordultak. Lokálisan nagy csapadék, szárazság, kánikula egyaránt megtalálható volt. Ősszel hosszabb, csendesebb periódusok is előfordultak, így az átlagos szélsebesség ekkor és júniusban volt a legalacsonyabb. Ugyanakkor akadt olyan viharos nap októberben is, amikor a szélsebesség csak kevéssel maradt 90 km/h alatt. A viharjelzési szezon átlaghőmérséklete nem volt kiemelkedő, Keszthelyen 16,4, Siófokon 17,7 C°-nak adódott, amely az 1971–2000-es évek átlagát közel fél, illetve egy fokkal haladta meg, ugyanakkor 1-2 tized fokkal alatta maradt az előző harminc év átlagának. A szezon csapadékösszege az említett sokévi átlagok 70-80%-át közelítette.

A szélviszonyokról: A szélviszonyokat tekintve a Balatonnál a keleti medence átlagosan szeles, a Tihanytól nyugatra eső rész összességében 7%-kal gyengébben szeles lett. Idén is a tavaszi hónapok voltak a legszelesebbek a szezonban. 2021-ben az erős viharok száma és erőssége az előző három évhez képest növekedett, és számuk megfelelt a 2005–2019-es évek átlagának. Az erős viharok szélmaximumainak az átlaga az idei szezonban magasnak, 99 km/h-nak adódott.

Erősen viharos napok jellemzése a 2021. évi viharjelzési szezonban

A 2021. évi viharjelzési szezonban kilenc erős (90 km/h-t elérő, vagy meghaladó szélsebességű) vihar érte el a Balatont és térségét. Szeptember és október kivételével minden hónapra esett ilyen erejű szél; áprilisban és augusztusban három alkalommal is.

A szezon első erősen viharosnak tekinthető napjára nem kellett sokat várni. Április 3-án az ország egy anticiklon peremén helyezkedett el, a magasban pedig egy hideg teknő labilizálta a légkört, erőteljes konvekciót gerjesztve. A nagy nyomási gradiens egész nap erős, időnként viharos (60–70 km/h) északnyugati szelet keltett, a kora délutántól nagy számban feltűnő záporos gócok pedig időszakosan hozzájárultak további 70 km/h-t meghaladó széllökések kialakulásához. Villámtevékenység nem kapcsolódott hozzájuk, azonban a gyors cella áthelyeződés, és a magassági szél lekeveredése a cellák környezetében a balatoni állomásokon sokfelé átmeneti szélrohamokat eredményezett. A keleti medencében a siófoki kikötőben 69 km/h volt a legerősebb széllökés, nyugaton Fonyód (81 km/h), a középső medencében Balatonőszöd emelkedett ki 89,6 km/h-val. A felszín közelben 10 fok közelében alakult a hőmérséklet, a magasban az erőteljes hidegadvekció révén a 0 fokos izoterma közel 1 km-es magasságba süllyedt, így a nagyobb



1. ábra. 2021.04.03-án délután a Balatonnál látványos záporok okoztak időszakosan viharos szelet. (fotó: Szilágyi Eszter)

reflektivitású, intenzívebb csapadéktömbök esetén nemcsak zápor, hanem látványos hódara és jégdara zápor is előfordult a Balatonnál (*1. ábra*).

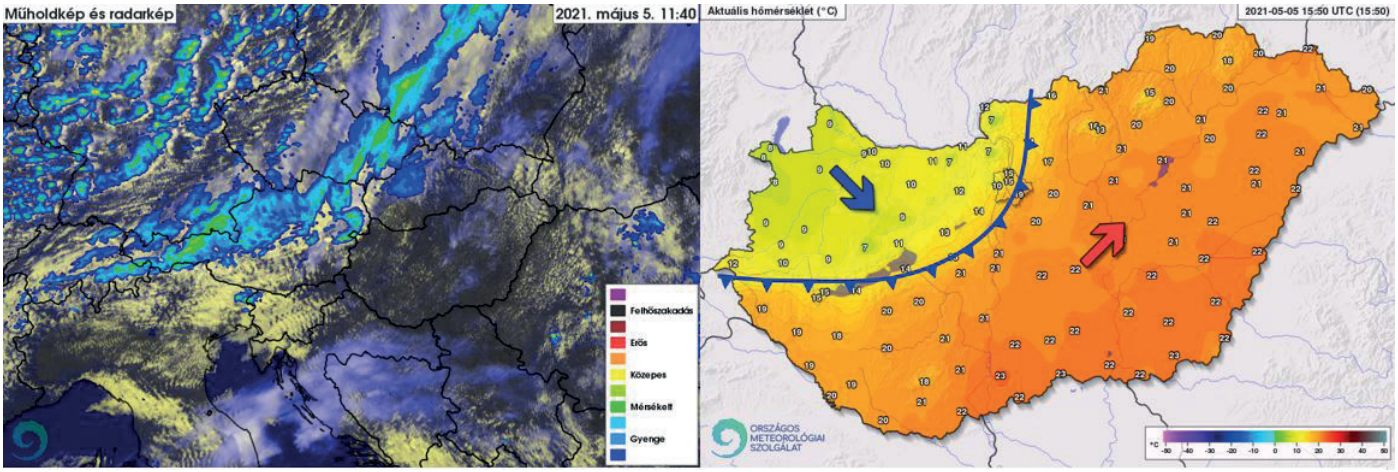
Április 12. enyhe, ám élénk szeles időt hozott. Egy tőlünk nyugatra hullámzó frontálzóna előoldalán a Balatonnál déli, délnyugati szél dominált. Napközben határozottabb szélerősödés főként csak záporos csapadékkal fordult elő, az este folyamán azonban a hirtelen feltámadó, viharossá fokozódó északnyugati szél jelezte egy markáns hidegfront érkezését. Fonyódon (93 km/h), a szigligeti cölöpön (96 km/h) és Balatonmáriafürdőn (97 km/h) is elérte az erősen viharos fokozatot a legerősebb széllökés. A szélvihar tartósnak bizonyult, április 14-én estétől kezdődött csupán határozottabb mérséklődés. **Április 13-án** még Keszthely cölöpön, továbbá Szigliget cölöpön volt 90 km/h-t elérő széllökés, a folytatásban azonban erősen viharos szél már nem fordult elő egy állomáson sem. A hidegfront markánsnak bizonyult, jelentősen, mintegy 10–12 fokkal visszavetette a hőmérsékletet.

Május elején egy skandináv ciklon hidegfrontja okozott jelentős lehűlést és viharos szelet az országban. **Május 5-én** délelőtt a frontálzóna előterében az előoldali (délnyugati) szelet is már erős lökések kísérték, majd kora délután a front érkezésével az északnyugatira forduló szél egyre többfelé viharossá fokozódott. A közeledő hidegfrontot a záporos gócok határozottan kirajzolták, a Szigetközben a frontvonal mentén egy-egy zivatar is feltűnt, melynek kifutószele Mosonmagyaróváron a nap legerősebb széllökését produkálta (95 km/h) síkvidéken (*2. ábra/bal*). A front mozgása jól követhető volt, nyomában jelentős nyomásemelkedés (4 hPa/3h) rajzolódott ki, továbbá a front mögötti hűvösebb levegő elárasztva az északnyugati országrészt rövid idő alatt 12–14 fokos hőmérséklet visszaesést eredményezett (*2. ábra/jobb*). A Balatonra késő délután csapott le a viharos szél, Balatonmáriafürdőn a legerősebb széllökés elérte a 92,5 km/h-t. A Velencei-tónál az idei szezon legerősebb széllökése szintén ehhez a májusi hidegfronthoz kapcsolódott, az agárdi szélmérő 75 km/h-t regisztrált.

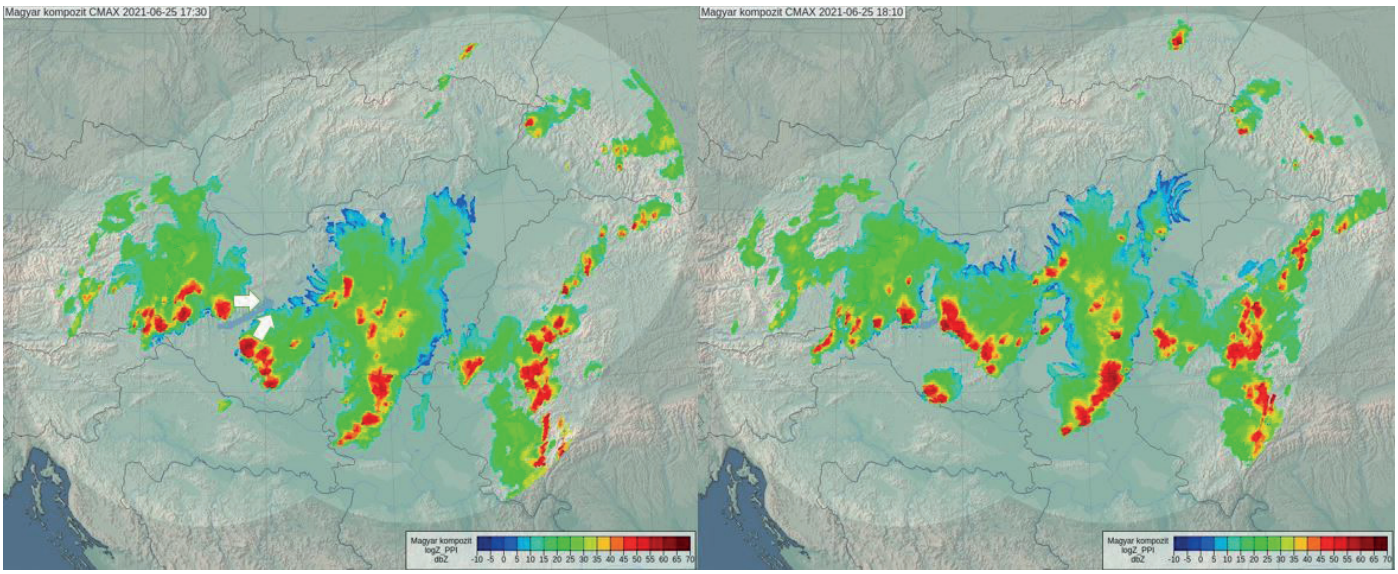
Június 25. a károkozó viharok miatt maradt emlékezetes, továbbá az idei szezon legerősebb vihara is ezen a napon csapott le a Balatonra. Egy nappal korábban, június 24-én volt hazánkban az év legmelegebb napja (hasonlóan július 8-ával), ekkor a középső országrészben 40 fokkal tetőzött a nyár első hőhulláma. A forró periódust másnap egy markáns hidegfront zárta le. A viharzóna a front előtti forró, labilis légtömegben alakult ki, melyben nagyfokú hasznosítható potenciális energia (CAPE) halmozódott fel. Középszinten egy nedves szállítószalag húzódott Közép-Európa fölé, mely dél felől a trópusokról szállította a konvektív folyamatok kialakulásához nélkülözhetetlen nedvességet, továbbá a zivatarok kialakulásához szükséges légköri instabilitást tovább erősítette az 500 hPa-on beáramló hideg levegő. A melegszektor fölé benyúló jet stream jelentős szélnyírást okozott, így a helyzet kedvezett heves konvektív viharok kialakulásának (*3. ábra*). A nap második felében az Alföldön, majd az Alpokalján egyre nagyobb számban tűntek fel szupercellás zivatarok, melyek az alapáramlástól teljesen eltérő mozgásúak voltak. Kísérőjelenségeik között szerepelt felhőszakadás, károkozó jég, 100 km/h-t meghaladó szélrohamok, továbbá Kalocsánál egy tornádót is megfigyeltek. A Balatonnál a konvektív eseményekre kora estig várni kellett, ekkor viszont a tavat egyszerre két szupercella vette célkeresztbe (*4. ábra*). Kaposvár és Zalaegerszeg irányából egyszerre érkeztek a forgó zivatarfelhők, végül a keleti és a középső medence határán keresztezték egymás útját. Az este folyamán nagy számban épültek fel a Balaton környezetében további zivatarfelhők. Ezek közül az egyik cella este fél 10-kor



3. ábra. 2021.06.25-én igencsak impozáns szupercellák tették tiszteletüket a Balatonnál. (fotó: Szilágyi Eszter)



2. ábra. 2021.05.05-én záporokkal (bal oldal) és jelentős lehűléssel (jobb oldal) érkezett a hidegfront.

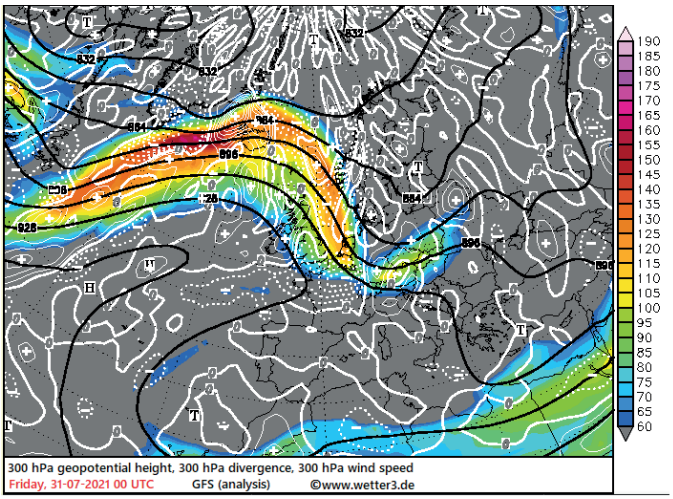


4. ábra. 2021.06.25-én este nyugat és délnyugat felől is „támadtak" a szupercellák a Balatonnál (bal ábra), végül a keleti medence felett keresztezte a két örvény egymás útját (jobb ábra).

a szezon legerősebb széllökését eredményezte, Balatonmáriafürdőn 112 km/h-s szélrohamot okozva. Az időjárási helyzet részletes elemzését és az események leírását látványos animációk kíséretében az OMSZ honlapján a https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/ rovatban olvashatjuk „Viharzóna Magyarország felett" címmel.

Július 17. is az erősen viharos napok közé tartozik. A hónap közepén egy légörvény közelítette meg a Kárpát-medencét, amely a megelőző napokban pusztító zivatarokat okozott Nyugat-Európában. Az OMSZ honlapján erről részletesen is olvashatnak (https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3062&hir=Villamarviz_Nyugat-Europaban). A ciklon áramlási rendszerében nagy mennyiségű nedves levegőt szállított térségünkbe is. Az örvény karjaiba rendeződve napról napra nagy számban fejlődtek a záporok, zivatarok. A konvektív gócokhoz gyakran intenzív csapadék, viharos erejű kifutószél és jég is kapcsolódott. A legnagyobb csapadékkal járó helyzetek július 16. és 19. között alakultak ki az országban. Ekkor a konvergencia vonalak mentén lassú mozgású zivatarokat figyelhettünk meg, amik jellemzően a rendszer áthelyeződésével ellentétes irányban fejlődtek. Eredményül Siófokon július 17-én este egy óra leforgása alatt közel 60 mm-nyi csapadék zúdult le. Ez volt az idei nyári szezon legnagyobb csapadékkal járó helyzete a Balatonnál. A legnagyobb széllökés ezúttal a siófoki cölöphöz kapcsolódott (111 km/h), de a keszthelyi-öbölben is mértek 90 km/h feletti értékeket.

Július végén (30–31-én) a Kárpát-medence egy a Spanyolországtól egészen a Baltikumig hosszan elnyúló frontrendszer előoldalán, a labilis meleg szektorban helyezkedett el. A nagy magasságban futó jet stream napközben még az országtól viszonylag távol, Nyugat-Európában húzódott, majd estére a jetmag jobb belépő ága már egyre közelebb került a nyugati országhatárhoz, és az Alpok felett erőteljes feláramlást gerjesztett. Így adottak voltak a feltételek, hogy az éjszaka folyamán akár hevesebb zivatarok is kialakuljanak. Az este folyamán a jetmaghoz kapcsolódó magassági divergencia, továbbá az Alpok együttes emelőhatása támogatta az intenzívebb cellák kialakulását (*5. ábra*). A zivatarok késő este a nyugati országhatárt már szervezett formában lépték át, végül a squall line éjfélt követően húzódott rá a Balaton nyugati medencéjére. Ekkor Fonyódon a szél sebessége elérte a 98 km/h-t, míg a keszthelyi cölöp 107 km/h-s széllökést rögzített. A konvektív rendszer intenzív villámtevékenység és viharos kifutószél kíséretében szelte át a Balatont, majd a Velencei-tóhoz érve legyengült.



5. ábra. 2021.07.31-én a magassági futóáramlás szélmaximuma közel került hazánkhoz, így a jetmag jobb belépő ágának jelenléte is támogatta hevesebb zivatarok kialakulását. (Forrás: wetter3.de)

Érdekesség, hogy a július 31-i országos szélrekord szintén a Balatonhoz kapcsolódik, 2004-ben Balatonfüreden volt hasonló szélvihar 110 km/h-t meghaladó szélrohamokkal.

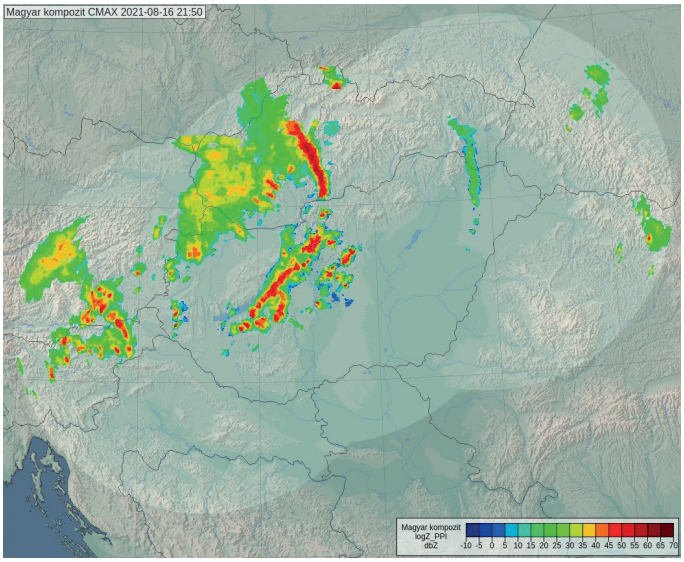
Augusztus 1-jén is igencsak aktív volt a légkör. Északnyugat felől egy hullámzó frontálzóna közeledett, melynek előterében a forró, labilis légtömeg támogatta az erőteljes gomolyfelhő-képződést. A térségben már hajnaltól zivatartevékenység zajlott, majd napközben még több hullámban érkeztek a tóhoz a konvektív rendszerek, melyek közül



6. ábra. 2021.08.01-jén a Balatonnál libasorban követték egymást a szupercellák. (fotó: Kurcsics Máté)

a frontvonalhoz kapcsolódó délutáni csapadékzóna tartogatta a leghevesebb példányokat. Ekkor az erőteljes vertikális szélnyírás, illetve részben a megnövekedett horizontális szélnyírás támogatta a front mentén látványos, forgó zivatarfelhők létrejöttét, így a Balatonnál csaknem libasorban követték egymást a peremfelhős zivatarok a nap második felében (*6. ábra*). Augusztus első napján összesen 5 alkalommal figyelhettünk meg szupercellát, így látvány szempontjából a viharjelzési szezonban ez a nap bizonyult a legígéretesebbnek. A hevesebb zivatarok viharos kifutószéllel csaptak le a Balatonra. A legerősebb széllökést a fonyódi szélmérő jegyezte fel (95 km/h), de például az újonnan üzembe helyezett balatonszemesi cölöp is 90 km/h-s szelet mért. Az augusztus elsejei nagytérségű időjárási helyzetet, az országos, és helyi időjárási események részletes leírását felhőfilm animációval kiegészítve a https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3077&hir=Messzirol_jott_vihar:_az_augusztus_1-i_zivataros_nap_meteorologiai_hattere elérhetőségű tanulmány mutatja be.

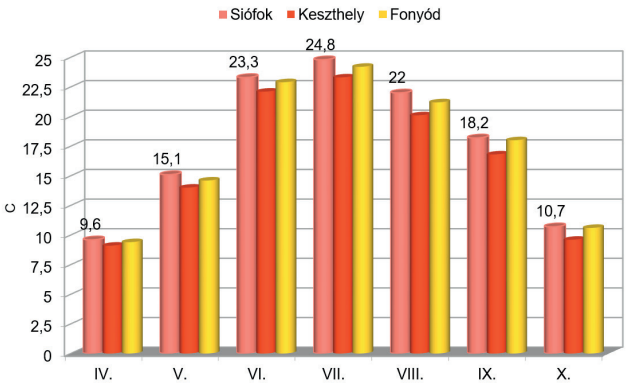
Augusztus közepe (16–17.) időjárási szempontból igencsak mozgalmas napokat hozott. A 40 fok közelében tetőző kánikulát augusztus 16-án egy markáns hidegfront törte



7. ábra. 2021.08.16-ról 17-re virradóan egy hidegfront vonult végig a Balatonon heves zivatarok kíséretében.

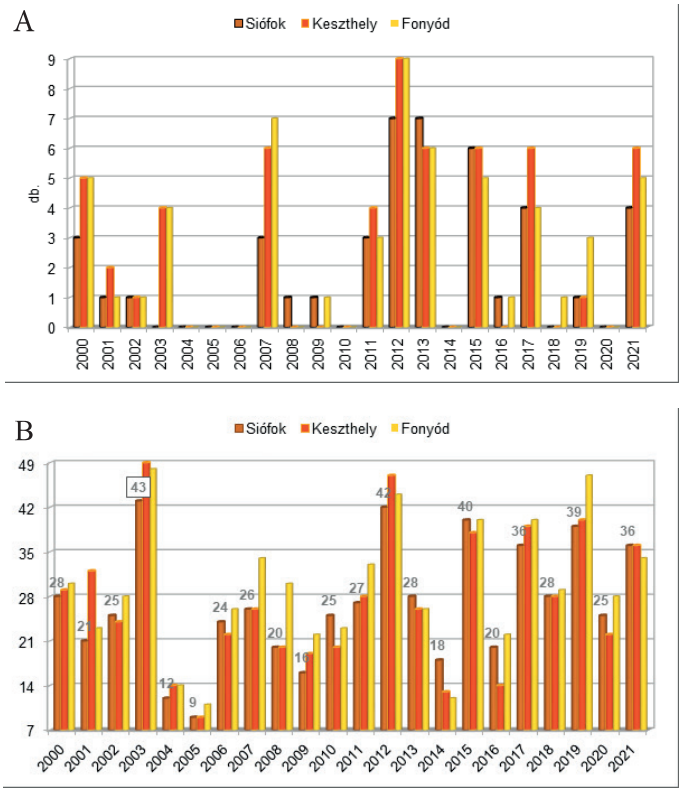
meg, mely impozáns zivatarrendszer kíséretében vonult át a Balatonon (*7. ábra*). A front érkezését késő este a hirtelen északnyugatira forduló és viharossá fokozódó szél jelezte. A szélsebesség az éjszaka folyamán többször is átlépte a 90 km/h-t. Balatonőszödön 102 km/h volt a szélmaximum, de Siófokon és Balatonaligán is elérte a legnagyobb széllökés az erősen viharos fokozatot. Augusztus 17-én délig kitartott a viharos szél, amelynek nyomán jelentősen visszaesett a hőmérséklet, pár napra megszűnt a hőség. Összességében ez volt az idei szezon második legerősebb, egyben szezonzáró erős vihara.

A hőmérsékleti viszonyokról: A szezon középhőmérséklete az átlagosnál hűvösebb tavaszból és októberből, valamint az átlagosnál melegebb nyárból és szeptemberből tevődött össze. A nyári hónapok középhőmérséklete Siófokon elérte a 23,3, Keszthelyen a 21,8 °C-t, ami mindkét helyen 1,2 fokkal haladta meg az 1991–2020-as évek



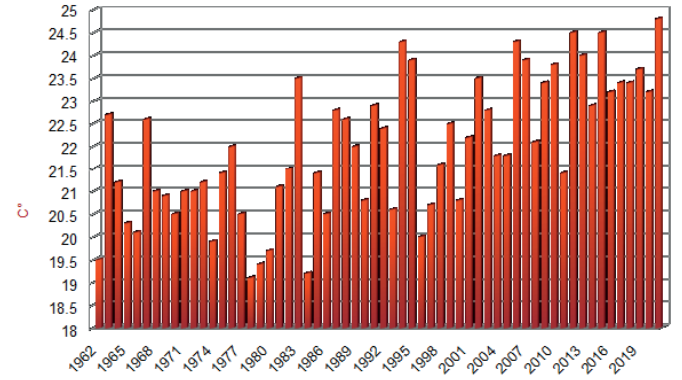
8. ábra. A balatoni állomások havi középhőmérsékletei 2021-ben.

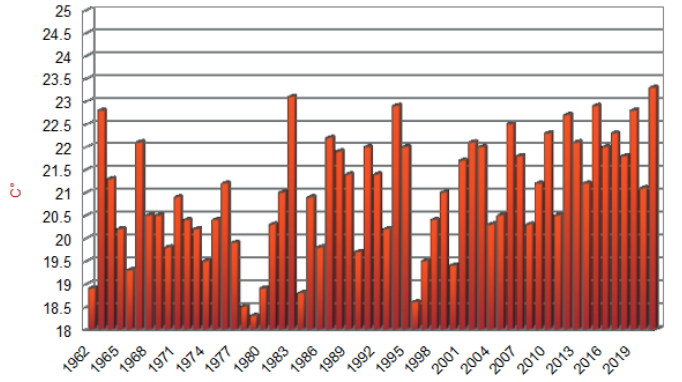
átlagát, illetve Siófokon már 2,7, Keszthelyen 2.0 fokkal az 1971-2000-es évek átlagát. Így 2021 nyara a Balatonnál bekerülhetett az 1901 óta mért első tíz legmelegebb nyár közé (*8. ábra*). Május első felében már egyszer közelítette a hőmérséklet a 30 fokot, de utána tartósan lehűlt az idő. Az igazán meleg időszak június 16. és augusztus 22-e között zajlott. A hőségnapok száma ebben az időszakban a meteorológiai főállomásokon 34, 35 nap volt, míg más típusú (és a parttól valamelyest távolabb is lévő) állomásokon a 40 napot is meghaladta. Szeptember hónapban átlagosan 1 nap még mérhettünk 30 fokot elérő hőmérsékletet.



9. ábra. A forró napok (a), és a hőségnapok (b) évenkénti alakulása a Balatonnál a XXI. században.

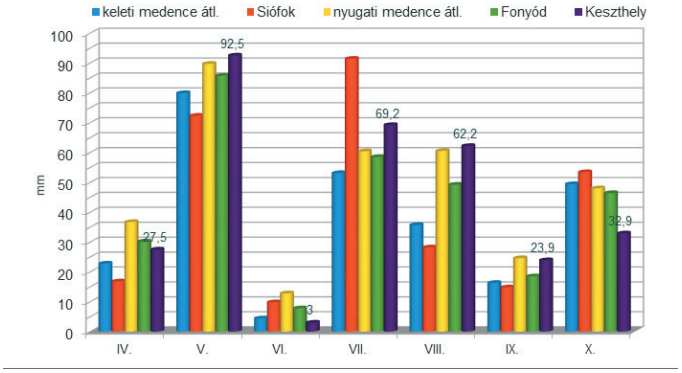
A forró napok száma többségében júniusra és júliusra korlátozódott, de volt ahol augusztusra is esett egy-egy ilyen nap. Az említett értékek a XXI. században már sajnos nem egyedülállóak (*9. a, b ábra*). A nyár legmelegebb hónapja a július volt, ami Siófok tekintetében viszont rendkívülinek (havi átlag: 24.8 °C) is bizonyult; ilyen magas értéket még nem mértek a rendszeres mérések kezdete óta (*10. a, b ábra*). Keszthelyen – ugyancsak a mérések kezdete óta – az idei volt a második legmelegebb július (havi átlag: 23,3 °C). A hónap és egyben az év legmelegebb napja július nyolcadika volt, amikor Siófokon 38,5, Fonyódon 37,7 fokig emelkedett a léghőmérséklet. Siófok esetében ez az érték abszolút rekord is lett, eddig még soha nem mértek az állomáson ilyen magas hőmérsékletet. A nyár folyamán több napi rekord is megdőlt: Siófokon júliusban újabb egy, júniusban két napon, Keszthelyen pedig egy, illetve három napon.





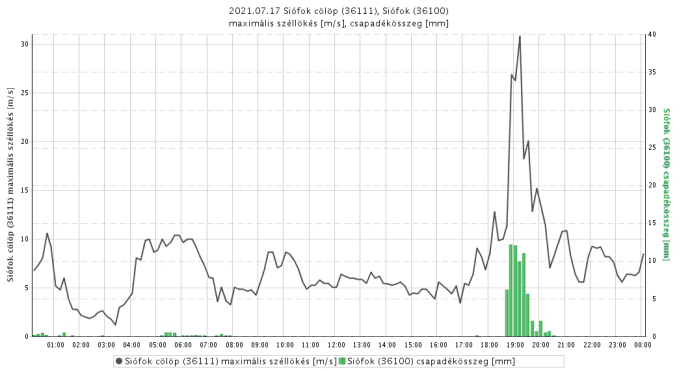
10. ábra. A július havi átlaghőmérsékletek 1962-2021 között Siófokon (a) és Keszthelyen (b) (INDA adatbázis).

A csapadékviszonyokról: A 2021-es szezonban a Balaton keleti medencéjében átlagosan kb. 262 mm, a nyugati részen 333 mm csapadék hullott, ami a sokévi átlaghoz képest legalább 30, illetve 20 %-os hiányt jelent. A csapadék a szezon folyamán meglehetősen egyenetlen eloszlásban hullott. A legszárazabb hónapok a június és a szeptember voltak. A júniusi csapadékmennyiség a keleti medence térségében jellemzően 10 mm alatt maradt, míg nyugaton átlagosan 13 mm körül alakult (*11. ábra*). Országosan is elmondható, hogy 1901 óta ez volt a legszárazabb június



11. ábra. Havi csapadékösszegek a Balaton térségében a 2021. évi szezonban.

(https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3049&hir=Extrem_szarazsag_es_forrosag_2021_juniusaban). Az ugyancsak száraz szeptemberben az elvárt mennyiség (1991–2020 átlag alapján) 30%-a, áprilisban átlagosan a 60–90%-a hullott a Balatonnál.



12. ábra. Zivataros kifutószél és csapadékösszegek 2021.07.17-én Siófok, ill. Siófok-cölöp mérőhelyen.

A legtöbb csapadék a Balaton túlnyomó részén májusban esett: 70–110 mm, eső, zápor formájában, de 4 napon a térségben zivatar is előfordult. Ugyanakkor Siófokon például júliusban hullott a legnagyobb mennyiség; összesen 91,4 mm, ebből 61,7 mm július 17-én, zivatarral kísért felhőszakadás formájában, másfél óra leforgása alatt (*12. ábra*). Az őszi hónapokban a csapadék legnagyobb része szeptember második, illetve október első felében hullott.

2. A viharjelzések és a vízibiztonság

A 2021. évi szezonban az összesített (I.+II. fok) fenntartási idők a Balatonnál nem érték el az 1900 órát. Az elsőfokú viharjelzések fenntartási ideje a nyugati-medencében átlag körül, a keleti medencében az átlagosnál 75 órával magasabban alakult. A másodfokú viharjelzések fenntartása csökkent, és minden medencében kevéssel 500 óra alatt maradt (*I. táblázat*), ami a szezon összóraszámának kevesebb mint 10%-a, és az eddig elért legalacsonyabb érték a héthónapos viharjelzési szezon bevezetése óta. A Velencei-tónál ez az érték 4,3% (222 óra). Az első és másodfokú viharjelzések fenntartására legrövidebb ideig a Tisza-tónál volt szükség. Az elsőfokú viharjelzés 667 órát, a másodfokú viharjelzés mindösszesen 164 órát volt érvényben, amely számok az eddigi szezonok legalacsonyabb értékét jelentik.

A viharjelzések kiadásakor, illetve a prognózisok frissítésekor az információk az internetre kerüléssel egy időben jutottak el a Balatoni Vízirendészeti Rendőrkapitánysághoz és a Vízimentők Magyarországi Szakszolgálatához, hogy felkészülhessenek egy esetleges mentési helyzetre, havária megelőzésére.

A Vízimentők Magyarországi Szakszolgálata által összesítettek alapján a 2021-es szezonban 257 fő vízből mentésük volt. A Balatoni Vízirendészeti Rendőrkapitányság munkatársai a viharjelzési szezonban 194 esetben összesen 410 fő fürdőzőt, vízibiciklist, csónakost, vitorlást mentettek ki a vízből, ami az átlagosnál magasabb érték. 2021. április 1. és október 31. között így is sajnos 16 ember fulladt a Balatonba.

A 2021. évi szezonban kiadott balatoni viharjelzések statisztikája

2021. Balaton medencék	a kiadott viharjelzések száma db.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen IV-X. db.
Nyugati	I. fok db	24	35	22	23	30	17	15	166
	II. fok db	10	17	12	22	12	4	5	82
Középső	I. fok db	22	35	18	20	30	15	18	158
	II. fok db	11	20	11	17	13	2	7	81
Keleti	I. fok db	20	30	24	23	33	16	18	164
	II. fok db	14	18	10	19	15	3	6	85

2021. Balaton medencék	fenntartott órák száma	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen IV-X. db.
Nyugati	I. fok óra	246.8	307.9	127.9	214.8	158.1	138.8	167.1	1361
	II. fok óra	104	96	48.8	89.6	76.3	33.9	43.3	492
Középső	I. fok óra	232.4	295.7	98	204.9	181.8	159.9	149.7	1322
	II. fok óra	109.4	111.2	50.4	81.2	70.4	30.2	40.6	493
Keleti	I. fok óra	240.8	288.9	105.3	203.6	199.2	178.5	155.5	1372
	II. fok óra	112.1	109.4	47.5	75.9	76.4	36.8	41	499

1. táblázat. A 2021-ben kiadott balatoni viharjelzések és a viharjelzésben fenntartott órák összesítése.

KÖZEL NEGYEDSZÁZAD AZ OMSZ GAZDASÁGI VEZETŐJEKÉNT

Németh Ákos

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

Nagyinterjú Buda Istvánnal, az Országos Meteorológiai Szolgálat leköszönő gazdasági elnökhelyettesével

Légkör: István, hamarosan elhagyod az OMSZ fedélzetét. Amikor ezt a beszélgetést kezdeményeztem, úgy fogalmaztam, hogy egy korszak zárul le a távozásoddal. Ugye azt szokták mondani, hogy az elnökök meghatároznak egy-egy korszakot. De igaz lehet ez a kifejezés a gazdasági vezetőre is?

Buda István: Szerintem van benne igazság. A költségvetési terület, különösen a gazdasági rész, jogszabályokkal erősen le van szabályozva. Amikor bő 24 évvel ezelőtt idekerültem az OMSZ-hoz, a jogszabályok adta lehetőségeken belül saját gondolataim szerint alakítottam ki a GFO működését, illetve az OMSZ gazdálkodását. Biztos vagyok benne, hogy aki ebben a pozícióban követ, szintén változtatni fog valamit aszerint, ahogy ő gondolja. Mindenkinek megvan a területén folyó munkafolyamatok kialakításáról a maga elképzelése, gondolata.

L: Említetted, hogy 24 évvel ezelőtt érkeztél az OMSZ-hoz. Rögtön gazdasági vezető lettél?

B. I.: Igen.

L: Nem is volt más munkaköröd itt a Szolgálatnál?

B. I.: Nem. Ez a pozíció volt meghirdetve, nem nyilvános hirdetésben, hanem fejvadász céget bíztak meg ezzel. Megpályáztam, az interjút követően értesítettek, hogy megkaptam az állást. Így alakult, hogy 24 éve gazdasági főosztályvezetőként dolgozom az OMSZ-nál.

L: Amikor úgy fogalmaztam, hogy egy korszak zárul le, pont erre gondoltam. 24 év, az nem kevés idő ebben a pozícióban. Ez mennyire megszokott?

B. I.: Egyáltalán nem szokványos. Piaci szférában is ritka, de költségvetési intézménynél is. Talán azt lehet mondani, szerencsém volt.

L: Úgy tudom, hogy nem egyenes út vezetett a Szolgálathoz, korábban dolgoztál más munkahelyeken is. Természetesen az is érdekes, hogy mik voltak ezek a munkahelyek. Ugyanakkor arra is kíváncsi vagyok, hogy vannak-e olyan ismeretek, képességek, amiket a korábbi helyeken szedtél fel, és később hasznát vetted az OMSZ-os feladataid során.

B. I.: Autószerelőként kezdtem el dolgozni 18 évesen. Eleinte motorokat, konkrétabban teherautó motorokat újítottam fel, utána pedig teherautók zárt rendszerű diagnosztikai vizsgálatában vettem részt. Ez utóbbi azt jelentette, hogy az adott cég a teherautóit nem vitte el vizsgáztatni, hanem rendszeresen – egy bizonyos km megtétele után – behozták hozzánk, és mi átvizsgáltuk. Ha találtunk hibát, akkor azt kisebb hibák esetében kijavítottuk, ha nagyobb problémát találtunk, akkor ment a javítóműhelybe.

Már az érettségi után szerettem volna továbbtanulni, de akkor még nem vettek fel. Az érettségi után két évvel aztán bekerültem a győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolára (ma Széchenyi István Egyetem – szerk.) és ott járműgyártó üzemmérnökként diplomáztam. Amikor megkaptam a diplomám, azt mondtam, hogy „Irány a Közgáz!”.

És így is lett. Egyébként mindig is érdekeltek a számok, a gazdasági folyamatok. Az, hogy eredetileg műszaki irányba indultam, leginkább annak volt köszönhető, hogy szülői hatásra elmentem egy gépipari szakközépiskolába. Az autószerelés is innen jött, ugyanis nyári gyakorlatokat töltöttem annál a cégnél, abban a műhelyben, ahova aztán az érettségit követően elmentem dolgozni.

Diplomásként a műszaki pályán aztán dolgoztam műszaki előadóként, MEO-vezetőként. Amikor pedig 1989-ben megszereztem a közgazdasági diplomát a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetemen – akkor még úgy hívták –, jelentkeztem az Ipari Minisztériumba gazdálkodási osztályvezetőnek. Az akkori főosztályvezető talán arra gondolt, hogy friss diplomásként biztos meg fogok felelni. Így is lett. De hogy hogyan kerültem még közelebb a közgazdálkodási területhez? Amikor 1992-ben kijött az új számviteli törvény, számviteli osztályvezető lettem. És innentől kezdve egyenes út volt afelé, hogy gazdasági területtel foglalkozzak.

Kérdezted, hogy mit tudtam hasznosítani a korábbi tapasztalataimból… Nos, amikor különböző beruházások, felújítások voltak az OMSZ-nál, akkor műszaki szemmel tudtam ránézni dolgokra.

L: Vagyis nem tudtak átverni?

B. I.: Most nem azt mondom, hogy nem tudtak, de nehéz volt. Vagy csak nem tudok róla, hogy megvezettek. És nagyon érdekes, de amikor elmondtam, hogy én „nemcsak” egy közgazdász vagyok, hanem mérnök is, mindjárt más szemmel néztek rám. Ennyiben mindenképp segített az előéletem. De a meteorológiához kapcsolódóan is, nem úgy néztem rá egy műszerre, hogy „úr isten, mi ez?”, hanem volt fogalmam arról, hogy mi mire való. Tényleg igaz, hogy műszaki szemmel azért az ember másképp lát dolgokat.

L: Említetted, hogy mindig érdekeltek a számok. Én, bevallom, soha nem szerettem a matematikát. Talán furcsa kérdés, de mit lehet szeretni a számokban?

B. I.: Lehet, hogy nem ez a tökéletes megfogalmazás, hanem… neveket például nehezen tudok megjegyezni. Sok idő kell hozzá, többször kell hallanom. A számokkal viszont más a helyzet. Ránézek, rögtön átlátom, és sokkal jobban meg is maradnak. Matekból egyébként mindig jó voltam, ezért is vettek fel műszaki főiskolára. Magyar nyelv és irodalomból viszont, főleg, ha meg kellett tanulni egy verset, na abból nem voltam jó. Másképp jár az agyam.

L: Feltételezem, hogy nagyon nem értesz egyet azzal a sztereotípiával, miszerint a gazdasági vezető csak könyvel, számokat ír be a táblázatokba.

B. I.: Nem, gazdasági vezetőként nem erről van szó. Ezt a külsős emberek látják így. Jó, persze korábban még előfordult, hogy tényleg könyvelni kellett. Tudni kellett, hogy mi a „tartozik" és mi a „követel", mit hova kell könyvelni. Viszont gazdasági vezetőként ennél lényegesen több volt a feladat, biztosítani kellett a tervezéstől a beszámolóig a szolgálat folyamatos működőképességet. A gazdasági területre plusz feladatot hozott az államháztartási szabályok változásával egy új integrált ügyviteli rendszer bevezetése, amely használata most már a felhasználók napi munkáját gördülékenyebbé teszi, az adatszolgáltatást elősegíti.

L: Ha összehasonlítjuk a két időszakot, amikor átvetted a Gazdasági Főosztály vezetését, illetve a mostanit, észrevehető a változás? Ma mást csinál egy gazdasági vezető, mint 24 évvel ezelőtt?

B. I.: Van különbség, de igazából nem jelentős eltérések ezek. A lényeg, az alapelvek, tulajdonképpen változatlanok.

L: Mi volt a legnehezebb időszak gazdasági értelemben az OMSZ-os pályafutásod alatt?

B. I.: Egyértelműen 2011, amikor 369 millió forint költségvetési támogatás elvonásra került. Akkor nagyon nehéz volt, egyik napról a másikra éltünk. De szerencsére a minisztérium megértette, hogy komoly a helyzet, hogy nagyon komoly megélhetési gondjaink vannak. Végül egy „képviselői javaslatra" 200 millió forintot visszakaptunk. Ez egy kritikus időszak volt. De ezt leszámítva az OMSZ gazdálkodása mindig stabil volt. A legjobb évben például 16 havi illetményt fizettünk ki a dolgozóknak. Ez amiatt volt lehetséges, mert mindig volt többletbevétel. Ráadásul régen az év végén el nem költött bevétel képezte a maradványt, amit a következő félévben fel lehetett használni. Ma más a helyzet. Manapság év végéig mindent el kell költeni. Csak olyan „maradvány" képződhet, ami pályázathoz kapcsolódik, tehát előre le van kötve. Most már nincs olyan, hogy indítok egy közbeszerzést, ami átcsúszik jövő évre. Ez nem fordulhat elő, nem csúszhat át. Az év végén minden fel nem használt (vagy le nem kötött) pénzt egyszerűen elvonnak az OMSZ-tól.

L: Akkor, ha jól értem, a gazdasági válságok igazából nem rengették meg az OMSZ-ot.

B. I.: Nem, gyakorlatilag nem éreztük ezeket.



Buda István saját irodájában, 2021 novemberében.

L: Tudom fura a kérdés, de nem volt olyan időszak, amikor arra gondoltál, hogy felállsz és más munkahely után nézel?

B. I.: Nem.

L: Tényleg? Egyáltalán nem volt ilyen?

B. I.: Most igen, de korábban sohasem fordult meg a fejemben. Nézd, én alapvetően jól éreztem magam itt az OMSZ-ban, az elmúlt 24 évben. Tényleg igaz, és én is azt szoktam mondani mindenkinek, hogy ez egy család. Vagyunk kétszázan, és ez a kétszáz ember ismeri egymást. Ha kétezren lennénk, akkor persze nem biztos, hogy ilyen hangulat lenne…

L: Az, hogy 24 évig gazdasági vezetőként tevékenykedtél, azt is jelenti, hogy nem is nagyon keresgéltél újabb kihívást, mondjuk egy minisztériumi állást?

B. I.: Nem-nem, abszolút nem.

L: Más téma. Említetted, hogy mindenki ismer mindenkit. Nyilván itt a folyosón vagy Lőrincen gyakran találkoztál te is a két fővárosi telephelyen dolgozó kollégákkal. Mi a helyzet a vidéki kollégákkal?

B. I.: Régebben sokat jártam a vidéki állomásokon. Gyakorlatilag egy-két éven belül minden állomást meglátogattam. Értelemszerűen minden állomáson többször voltam, tehát nem csak akkor, amikor volt valami felújítás (pl. Szegedre akkor kéthetente lejártunk), hanem ezektől függetlenül is. Ez egyébként azért is jó volt, mert ha jött egy igény, hogy valamit fel kellene újítani, akkor tudtam azt, hogy miről van szó. Tehát ez nem úgy ment, hogy szólt a „szakma", hogy újítsuk fel, vagy növeljük meg kétszeresére. Én ilyenkor vissza tudtam kérdezni, hogy miért.

L: Van olyan dolog, amire úgy gondolsz vissza, hogy másképp csinálnád?

B. I.: Nem, azt hiszem nincs ilyen. Most nem akarok nagyképűnek tűnni, hogy „úgy gondolom, hogy én nagyon jól dolgoztam". De szerintem, amit csináltunk a kollégákkal,



A 2004-es vezetői manréza csoportképe.

az ül. Azt lehet mondani, hogy hozta az eredményt. Nyilván nem a meteorológiai szakmai eredményekre gondolok. Persze ha úgy nézem, a radarfelújítások például azt hiszem hozták azokat az eredményeket, amiket elterveztünk. Úgyhogy én nem emlékszem most olyan dologra, amit másképp csinálnék, vagy ami miatt most falba verném a fejem, mondván, hogy elrontottam.

L: Nem feltétlenül arra gondoltam, hogy bármit is jobban kellett volna csinálni. De lehetnek olyan események, amikhez másképp állnál hozzá. Például egy konfliktusba beleállni, vagy éppen pont, hogy elengedni.

B. I.: Nem tudok róla, hogy lett volna bárkivel is konfliktusom.

L: Vannak olyan pillanatok, amire szívesen emlékszel vissza?

B. I.: Amik nagy dolgok voltak, azok mind a szakmával függenek össze. Tehát a szegedi állomás átépítése, felújítása például ilyen volt. Vagy akár az összes radar megújítása. Ezekre lehet azt mondani divatos fordulattal élve, hogy jó mulatság, férfimunka volt. Ezek egyértelműen sikerek egy gazdasági vezetőnek is. Meg aztán van bennem műszaki véna is, így jó látni, ha valami műszaki dolog megújul, és ráadásul jól sikerül. És főleg, hogy a visszhang is olyan, hogy büszkének lehet rá lenni.

L: És kudarcélmények? Vagy olyan dolgok, amire azt mondod, hogy lehetett volna másképp is csinálni, csak olyanok voltak a körülmények, hogy mégsem lehetett.

B. I.: Nem jut eszembe ilyen. Én ezt a 24 évet pozitív dologként éltem meg. Az meg, hogy fél évvel a nyugdíjazásom előtt elmegyek, nos ezzel az a helyzet, hogy elfáradtam. Összességében több mint 46 évet dolgoztam. Ez már gombócból is sok…

L: Ha már szóba hoztad. Ebbe a munkába bele lehet fáradni, ez rendben van. De ezt a fajta belefáradást, kiégést most érezted először?

B. I.: Ez nem úgy jön, hogy az ember reggel arra ébred, hogy kiégett. Ez egy hosszú folyamat. A feleségem is azt mondta, hogy ha én úgy érzem, hogy befejezem, akkor ő maximálisan megérti és támogat. Leginkább azért, hogy ne menjen esetlegesen az egészségem rovására. És ez a pillanat most jött el.

L: Van olyan tanácsod, hogy meddig érdemes csinálni bármilyen munkát?

B. I.: Ameddig jól esik. Ezt belülről érzed.

L: Ehhez kapcsolódóan kérdezem, hogy hol és mivel töltődtél fel úgy általában, vagy akár a stresszes időszakok után?

B. I.: Igazi feltöltődést számomra a belföldi és külföldi utazások, nyaralások hozták. Korábban a családdal – saját szervezésű – kirándulások voltak. Szeretünk a szabadban túrázni, szeretjük a hegyeket, a várakat, a kastélyokat. Nagyon szeretjük a körutazásokat, amelyeken megismerkedhetünk az országok természet és az ember építette nevezetességeivel, történelmi helyeivel. Utóbbi időben az utazási irodák ajánlatában lévő egy-egy európai országba szervezett körutazáson vettünk részt. Sikerült jó utazási irodát választanunk, minden utunkról elégedetten, „feltöltődve”, következő évi utunk tervezgetésével jöttünk haza.

L: Ilyenkor a mobiltelefonodat otthon hagytad?

B. I.: Nem. Időnként rápillantottam a levelekre, ha nagyon kellett, válaszoltam.

L: Valami hobbi?

B. I.: Nem, nincs. Nézd, igazából reggel 7 óra körül elindulok otthonról és este olyan 6 és 7 óra között érek haza. Szóval az ember megvacsorázik, aztán örül, ha leül és nézi a tévét. Hétvégén pedig, mivel családi házban lakunk, mindig van mit csinálni a ház körül. Hétvégén egyébként a családi munkamegosztás értelmében általában én főzök…

L: A főzés tényleg nagyon jól ki tud kapcsolni. A hétvégi ebéd elkészítése nálunk is az én feladatom.

B. I.: Igen, a GÜFO-s lányok tanúsíthatják is, hogy hétfőnként otthonról hozott ebédet eszek. Ez a munkamegosztás, a feleségem mos és takarít, én meg megfőzöm a szombat-



2012-ben a meteorológiai világnapi ünnepségen Pro Meteorologia emlékplakettben részesült.

vasárnapi ebédet. Egyébként pedig némi túlzással csak hétvégén vagyunk igazán otthon, hétköznap szinte csak aludni járunk haza – főleg úgy, hogy most már csak ketten vagyunk, mert a gyerekek felnőttek, már nem laknak velünk.

L: Sporttal mi a helyzet?

B. I.: Sport van valamennyi az életemben. Habár most a covidos időszakban jelentősen lecsökkent a száma. Hetente kétszer jártam focizni. Sajnos már csak múlt idő, mert az iskolák bezártak, stb… Jó, most már nyitva vannak, de a lustaság azért előjött. Így most aztán nincs igazán, vagy csak visszafogottan van sport.

L: Jól tudom, hogy oszlopos tagja voltál az OMSZ-os focicsapatnak?

B. I.: Igen. De az utóbbi időben azt is abbahagytam. Így hatvanegynéhány évesen a harmincas srácokkal focizni, azért az kihívás.

L: Pedig nem látszik rajtad, hogy közelítesz a nyugdíjkorhatárhoz.

B. I.: Köszönöm.

L: Ezek szerint valami titkod mégiscsak van.

B. I.: Szerencsém van. Ilyen géneket kaptam.

L: A kérdés, hogy most hogyan tovább? Van még fél éved a nyugdíjig.

B. I.: Ezt a fél évet pihenéssel, olvasással, kerti munkával szeretném elütni. Van egy telkem Óbudán, a Csúcshegyen. Ezt szeretném egy kicsit rendbe tenni. Ráadásul van rajta egy kis épület is, amivel szintén kellene kicsit foglalkozni.

L: És gondolkodtál azon, hogy később folytatod a szakmai munkát?

B. I.: Nem.

L: Nem keresel új kihívást? Tanácsadóként, vagy más formában?

B. I.: Új kihívást lehet, hogy keresek, de nem gazdasági területen. Nem fogok könyvelni, nem fogok gazdasági tanácsadóként dolgozni. Most legalábbis úgy gondolom, hogy nem. Azt, hogy valahova elmegyek-e valamit csinálni, azt meg majd hozza az élet.

L: Egyébként általánosságban nem is támogatod, hogy valaki elmenjen nyugdíjas éveiben tanácsadónak?

B. I.: Nem tudom. Az persze elmegy, hogy valaki egy-két évig csinálja. Amíg tud tanácsot adni. Főleg olyan helyen képzelhető el ez, ahol valaki kezdő vezető és akkor a tapasztalataidat át tudod adni. De aztán később… akinek tanácsot adsz, az egy idő után úgyis tudja, hogy mit akar csinálni. Ott aztán már lehet, hogy csak fékként tekintenek rád.



2020-ban az OMSZ 150 éves évfordulója alkalmából időkapszulát helyeztek el a pestszentlőrinci obszervatórium kertjében.

L: Az elmúlt 24 év alatt azért sok tapasztalatot szereztél. Bizonyára van vezetői filozófiád. Ha most azt mondanám, hogy holnaptól gazdasági vezető szeretnék lenni, te mit javasolnál? Hogy álljak neki? Mitől jó egy gazdasági vezető, vagy hogyan válhat jóvá?

B. I.: Hát, nem tudom. Ez a helyzettől is függ. Nem tudok most felsorolni mondjuk három pontot, hogy ettől és ettől leszel jó vezető. Alapvetően rugalmasnak, körültekintőnek kell lenni, nem szabad hirtelen döntéseket hozni.

L: A vállalatmenedzsment filozófiák szerint az a jó vezető, aki jó ember is egyben. Osztod ezt a nézetet?

B. I.: Igen. Bele kell élni magát az embernek dolgokba, figyelembe kell venni, hogy emberekkel dolgozunk. És figyelembe kell venni, hogy mindenkinek lehetnek problémái, bajai. Ahogy persze lehet jó kedvük is. Az jó, ha az emberek tudnak nevetni. Én is úgy ismerem magamat, hogy mosolygós típus vagyok. Azt szokták mondani, hogy ritkán lehet kihozni a sodromból. Ezt vallom is, ritkán szoktam csattanni.

L: Azt is szokták mondani, hogy a jó vezető harmóniában van önmagával. Ez jellemző rád?

B. I.: Nem is tudom, biztos. Van egy alapelvem, mégpedig az, hogy szeretek nyugodtan aludni. Tehát nem szeretek belemenni olyan dolgokba, amiért képletesen szólva jön éjjel kettőkor a fekete autó.

L: Végezetül, ha most valaki azt mondaná, hogy mindent újrakezdhetnél, akkor újra találkoznánk az OMSZ-ban?

B. I.: Igen, ha 24 évvel fiatalabb lennék, akkor mindenképp.

L: Köszönöm a beszélgetést és kívánom, hogy amiket a közeli és távolabbi jövőre elterveztél, azok valósuljanak meg!

B. I.: Köszönöm szépen.

HÍREK

Fejes Edina

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. , *fejes.e@met.hu*

Új időjárási radar a Hármashegyen 2021. október 14.

2021. október 14-én Hosszútényben Nagy István miniszter közreműködésével ünnepélyes keretek között átadták a hármashegyi radart, mely az Országos Meteorológiai Szolgálat radarhálózatának ötödik tagja. Magyarország Kormánya 2018-ban egy országos talajgenerátoros jégkármérséklő rendszer kiépítéséről határozott, a nemzetgazdaságban okozott jelentős károk enyhítése érdekében, melynek meteorológiai kiszolgálásához egy új időjárási radar létesítésére volt szükség a dél-magyarországi régióban.



A radar átadása 2021. október 14-én.

Koszorúzás a balatoni viharjelzés elindítójának tiszteletére 2021. október 14.

A Katonai Meteorológia Napjához kapcsolódva a Magyar Honvédség, a Magyar Meteorológiai Társaság és az Országos Meteorológiai Szolgálat szakemberei tisztelettel emlékeztek a hazai repülésmeteorológia létrehozójára, a magaslégkör-kutatás úttörőjére, a balatoni viharjelzés elindítójára, dr. Hille Alfréd meteorológus ezredesre a Siófoki Viharjelző Obszervatóriumban. A 2021. október 14-i ünnepség keretében, a hagyományokhoz híven az Országos Meteorológiai Szolgálat és az MH Geoinformációs Szolgálat képviselői megkoszorúzták dr. Hille Alfréd és dr. Zách Alfréd – az obszervatórium építtetőjének – emléktábláját.



Koszorúzás a Siófoki Viharjelző Obszervatórium udvarán.

Magyar szakember irányítja a Meteorológiai Világszervezet VI. régióját 2021. november 19.

A Meteorológiai Világszervezet VI. régiója (Európa, Közel-Kelet és Kaukázus térsége, WMO RA VI) november 19-én tartotta online ülését. Az 50 tagországot tömörítő régió – a térségünkben betöltött kiemelkedő szerepének elismeréseként – dr. Radics Kornéliát, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) elnökét választotta elnökének a 2021–2025-ös időszakra. A WMO RA VI alelnöke a norvég meteorológiai szolgálat vezetője, Roar Skalin lett.

A fűtési szezon kezdetére elkészült a légszennyezettségi mérőhálózat új internetes oldala 2021. október 15.

A kisméretű részecske szennyezés mintegy 78%-át a lakossági fűtés okozza, amit szemléletformálással lehet hosszú távon csökkenteni – jelentette ki Rácz András, az Agrárminisztérium környezetügyért felelős államtitkára az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Levegőtisztaságvédelmi Referencia Központ (LRK) laboratóriumában, október 15-én. Az adatok a legszennyezettseg.met.hu oldalon érhetők el.

47. Meteorológiai Tudományos Nap 2021. november 18.

2021. november 18-án rendezték meg a 47. Meteorológiai Tudományos Napot. A tudományos rendezvény témája az IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) 2021. augusztus 6-án jóváhagyott hatodik éghajlati értékelő jelentés (AR6) megjelenésére reflektál. A program keretében bemutatták a legújabb jelentés fontosabb üzeneteit és az IPCC jelentés mintájára készülő hazai értékelő jelentés aktuális állapotát. Megvitatták, hogy a globális trendek és a Kárpát-medencét érintő regionális változások, illetve azoknak a mind pontosabb becslése milyen kutatási kihívások elé állítja a hazai tudományos közösséget. Az éghajlatváltozás hatásai minden szektorban érzékelhetők. A sikeres alkalmazkodáshoz elengedhetetlen az éghajlati információk használata, ezért a rendezvényen teret kaptak az éghajlati információkon alapuló legfrissebb hatásvizsgálati eredmények is.

Dévényi Dezső Numerikus Prognosztikai Emlékérem
2021. december 8.

Dévényi Dezső kollégánk emlékére az utódok online előadóülést szerveztek 2021. december 8-án. A rendezvényen a Dévényi Dezső Numerikus Prognosztikai Emlékérem 2021. évi díjazottja, Allaga-Zsebeházi Gabriella tartott szakmai előadást „Modelling the climate of Budapest with the SURFEX land surface model – validation and projection results of temperature and urban heat island" címmel.



A Dévényi Dezső Numerikus Prognosztikai Emlékérem.

Petteri Taalas: Fenntarthatósági Expó és Világtalálkozó – PLANET Budapest
2021. november 5.

2021. november 29–december 5. között széles nemzetközi részvétellel hazánkban rendezték meg a Planet 2021 fenntarthatósági konferenciát, Áder János fővédnökségével, a Külgazdasági és Külügyminisztérium szervezésében. A Hungexpo területén megrendezett magas szintű világtalálkozó vendége volt a WMO Főtitkára, Petteri Taalas is, aki a Water and Food Security – A Gate to Support Transformation and Address Climate Crisis? címmel megrendezett kerekasztal-beszélgetésen vett részt.

A Planet Budapest 2021 négy tematikus eseménycsoport köré épült:

1. Fejlődés harmóniában a természettel – Fenntarthatósági Expó.
2. A Fenntarthatóság Univerzuma – Világtalálkozó: Állam- és kormányfők, kormányzati döntéshozók, nemzetközi szervezetek elismert szakértői, valamint a tudományos- és az üzleti világ képviselői vitatják meg a fenntartható vízgazdálkodás, az élelmiszertermelés, a hulladékgazdálkodás, az energia és a közlekedés témaköreit. Az esemény célja, hogy kézzelfogható, elérhető és költséghatékony válaszokat adjon a fenntartható fejlődés terén tapasztalható kihívásokra.
3. A Te Bolygód – Közönségprogramok a fenntarthatóságról
4. A Jövő Hősei – Ifjúsági élményprogram a fenntarthatóságról.

A rendezvény egyik kiemelt célkitűzése, hogy a gyermekek és a fiatal korosztály figyelmét is felhívja a fenntartható életmód fontosságára.



Petteri Taalas az Országos Meteorológiai Szolgálatot is meglátogatta a Planet Budapest kerekasztal-beszélgetése előtt.

Orvosmeteorológiai Konferencia –
2021. december 9-10.

A Magyar Meteorológiai Társaság – az Agrárminisztérium, az EMMI és az Országos Meteorológiai Szolgálat támogatásával – 2021. december 9-10-én rendezte meg az V. Orvosmeteorológiai Konferenciát. A konferencia a koronavírus miatti járványügyi intézkedések miatt az online térben zajlott. A konferenciát László Tibor Zoltán, helyettes államtitkár (Agrárminisztérium), Horváth Ildikó, államtitkár (Emberi Erőforrás Minisztériuma), Dunkel Zoltán, elnök (Magyar Meteorológiai Társaság) nyitotta meg.

Összességében 6 szekció keretében tartott előadások járták körbe igen nagy alapossággal az időjárás és az élő környezet közti kapcsolatot, összefüggéseket (37 előadás, 75 szerző).

Szekciók

1. Általános Biometeorológia (levezető elnök: Németh Ákos); 6 előadás, 12 szerző
2. A légszennyezés egészségügyi hatásai (levezető elnök: dr. Puskás János); 8 előadás, 15 szerző
3. Időjárás és rekreáció, időjárás-érzékenység (levezető elnök: dr. Dunkel Zoltán); 4 előadás, 9 szerző
4. A légyszennyezés egészségügyi hatásai (levezető elnök: dr. Folyovics András); 5 előadás, 9 szerző
5. Az éghajlatváltozás egészségügyi hatásai (levezető elnök: dr. Nagy Katalin); 6 előadás, 8 szerző
6. Általános biometeorológia (levezető elnök dr. Páldy Anna); 8 előadás, 22 szerző.

2021 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA

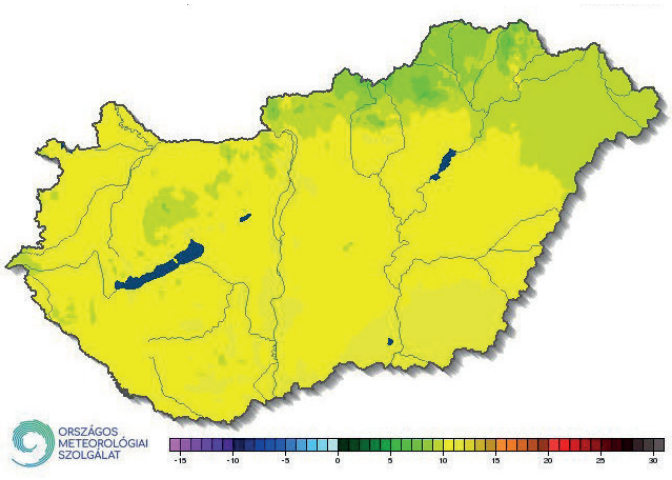
Szolnoki-Tótiván Bernadett

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., *totivan.b@met.hu*

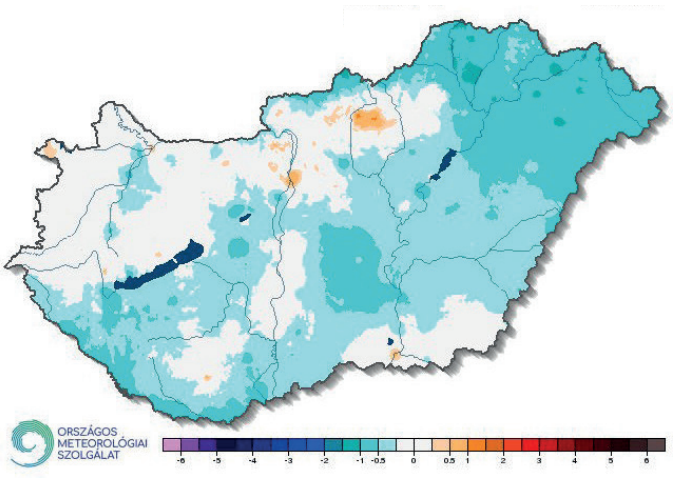
Összefoglalás: A 2021-es ősz az átlagosnál kissé hűvösebb volt. Az évszak középhőmérséklete országos átlagban 10,4 °C volt, mely 0,3 °C-kal alacsonyabb az 1991–2020-as sokévi átlagnál. Ezzel a középmezőnybe, az 59. helyre került a legmelegebb őszök sorában 1901 óta. A magasabban fekvő, hegyvidékéki tájaink bizonyultak hűvösebbnek az ősz során (háromhavi átlaghőmérséklet 10 °C alatt). Az Alföldön és a Dunántúlon már efölöttiek az évszakos átlagok (*1. ábra*), ezen belül a legmelegebb tájakat délkelet felé haladva találjuk (Alsó-Tisza-vidék, Körös-Maros köze). A sokévi átlaghoz képest pozitív hőmérsékleti eltérést (0,5–1,5 °C) egy-egy nagyobb város (Budapest, Szeged, Győr, Sopron, Pécs) környezetében és a Mátrában tapasztaltunk (*2. ábra*). Az ország többi részén az 1991–2020-as átlagnál alacsonyabb évszakos értékek voltak jellemzőek. Csak a szeptember volt melegebb a szokásosnál (+0,5 °C-kal), míg az október és a november is elmaradt az átlagtól (-1,2 és -0,3 °C-kal) (*6. ábra*). A nyári napok (T_{max}≥25 °C) számának országos átlaga 14 nap volt, mely 4 nappal kevesebb, mint a sokévi átlag. A hőség napok (T_{max}≥ 30 °C) és a forró napok (T_{max}≥ 35 °C) száma megegyezik az 1991–2020-ra jellemző értékkel. Fagyos napból (T_{min} ≤ 0 °C) viszont 17 db-ot jegyeztünk országos átlagban, mely 4 nappal több, mint a sokévi átlag. Ugyanakkor hideg napból (T_{min} ≤ -5 °C) a szokásos 2 nap helyett 1 fordult elő országos átlagban; és téli napot (T_{max} ≤ 0 °C) nem is regisztráltunk, pedig sokévi átlagban 1 ilyen nap szokott esni az őszre. A három hónap csapadékösszege 108,1 mm-nek adódott, amely jelentősen elmarad az 1991–2020-as átlagtól (158,4 mm), az ország kb. 90%-án a sokévi átlag alatt maradt az őszi csapadék összege. A legszárazabb területek a Bakony-vidék, a Komárom-Esztergomi-síkság, a Tiszazug, valamint a Nyírség, a Dél-Hajdúság, a Berettyó-Körös-vidék, a Felső-Tisza-vidék és a Jászság egyes térségei voltak, ahova a sokévi normálnak mindössze az 50–60%-a érkezett. A szeptember és az október volt az évszak száraz része, ekkor csak kb. a fele érkezett a sokévi átlagnak (49 és 52%). A november ezt egy kissé tudta kompenzálni, amikor az 1991–2020-es normál 108%-a hullott. (*3.* és *4. ábra*). Országos átlagban 22 csapadékos nap volt, ami 2 nappal több, mint az 1991–2020-as átlag. Havas napot viszont nem regisztráltunk ősszel, holott a szokásos érték 2 nap. Az évszakos globálsugárzás összege a középhegységeinkben volt a legalacsonyabb, és az Alföldön a legmagasabb (*5. ábra*).

Szeptember. Az ősz első hónapja a szokásosnál kissé melegebb volt. Országos átlagban 16,5 °C lett havi középérték. A középhőmérséklet az ország legnagyobb részén 15–18 °C között alakult. Csak az Északi-középhegység magasabban fekvő területein és a Nyírség egyes részein nem érte el a havi átlag a 15°C-ot. A legmagasabb havi középhőmérséklet Szegeden és Budapest-Lágymányos állomáson 18,7 °C, míg a legalacsonyabb havi érték (12,4 °C) Kékestetőn volt. Az országban átlagosan 13 nyári nap (T_{max}≥25 °C) és 1 hőségnap (T_{max}≥30 °C) fordult elő. A nyári napok száma 4 nappal több, mint az 1991–2020 közötti érték; míg a hőségnapok száma megegyezik a sokéves adattal. Szeptember 6-án új országos napi minimumhőmérsékleti rekord született: hajnalban a megelőző napoknál szárazabb és hűvösebb légtömegek érkeztek hazánk térségébe. Ennek hatására a túlnyomóan derült időben nagymértékben lehűlt a levegő, így Szikszó Vízmű állomásunkon csupán 1,2 °C-ot mértünk.

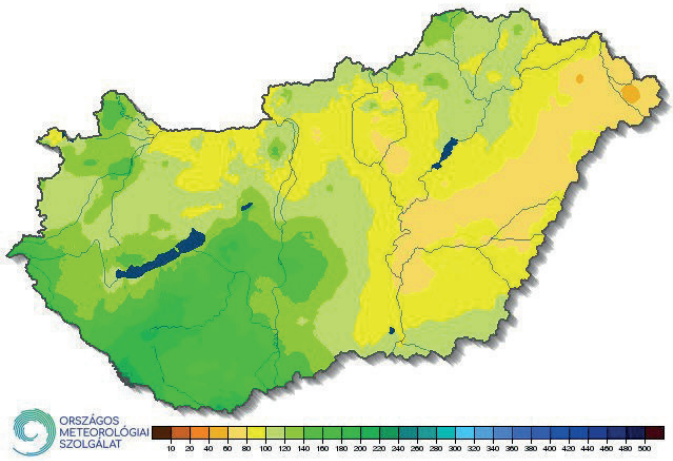
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***33,2 °C, Adony** (Fejér megye), szeptember 15.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***-1,1 °C, Kakucs** (Pest megye), szeptember 21.*



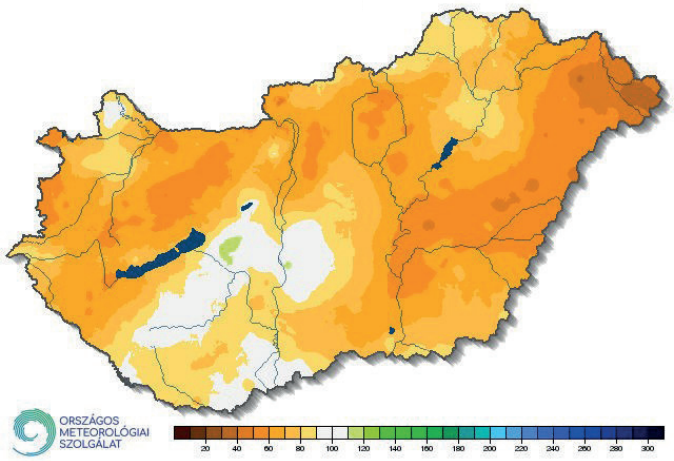
1. ábra. A 2021-es ősz középhőmérséklete (°C).



2. ábra. A 2021-es ősz középhőmérsékletének eltérése (°C) a sokévi átlagtól (1991-2020).



3. ábra. A 2021-es ősz csapadékösszege (mm).



4. ábra. A 2021-es ősz csapadékösszege a sokévi (1991–2020) átlag százalékos (%) arányában kifejezve.

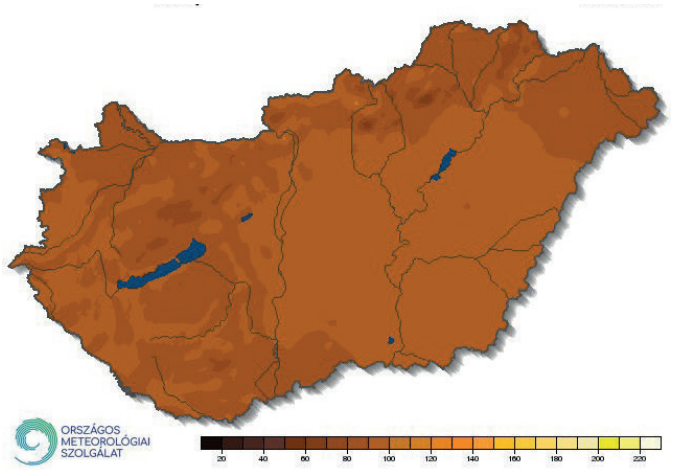
A szeptember nagyon száraz időjárású volt, noha jelentős területi különbségek most is megfigyelhetőek. Csupán a sokévi átlag fele érkezett, a havi csapadékösszeg országos átlagban 29 mm volt. Ezzel az idei lett a 26. legszárazabb szeptember az 1901-től kezdődő idősorban. A hónapban Heves, Jász-Nagykun-Szolnok és Hajdú-Bihar megyékben alig esett csapadék. Itt fordult elő a havi legalacsonyabb összeg is, Derecske - Petőfimajor állomásunkon. Ezeken a területeken a normálérték 30%-a is alig érkezett, sőt találunk olyan állomásokat is, ahol még a 10%-ot sem érte el a csapadék aránya a sokéves átlaghoz viszonyítva.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
91,9 mm, Mosonmagyaróvár *(Győr-Moson-Sopron megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
3,5 mm, Derecske-Petőfimajor *(Hajdú-Bihar megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
62,2 mm, Mátyásdomb *(Fejér megye), szeptember 29.*

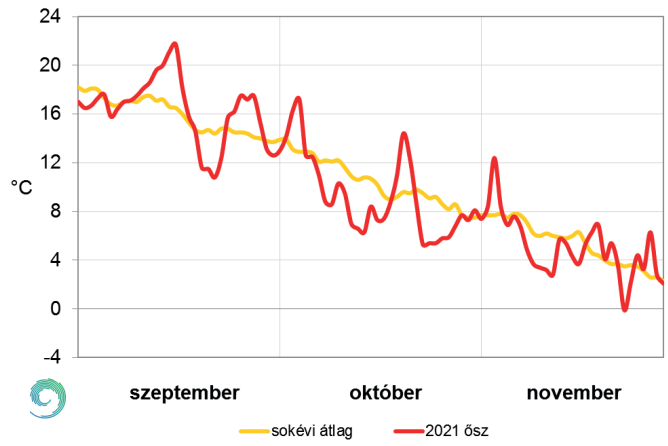
Október. Az átlagosnál melegebb szeptembert a megszokottnál hűvösebb október követte. A havi középhőmérséklet az ország legnagyobb részén 7–10 °C között változott. Az Alföld délkeleti részén és a Kisalföldön volt csak ennél melegebb, de itt sem érte el a 11°C-ot a havi középérték. Az országos havi átlaghőmérséklet 9,5 °C lett, mely 1,2°C-kal alacsonyabb a normánál, így ez a 31. leghidegebb október 1901 óta. Az ország jelentős részén 1-2 °C közötti negatív anomália volt tapasztalható. Az átlagostól vett legnagyobb eltérés a Dunántúlon a Balatontól délre, a Duna-Tisza közén és a Nyírségben jelentkezett. A legkisebb eltérés a Kisalföldön és Pest megyében volt, ezeken a területeken általában 0,5–1 °C-kal maradt el a középhőmérséklet az 1991–2020-as átlagtól. Csupán elszórtan jelentkeztek olyan területek, ahol az átlagosnak megfelelő hőmérsékleti viszonyokat tapasztalhattunk. Október 6. és 19. között a napi átlaghőmérsékletek végig a sokéves átlag alatt maradtak. Az október 12-én érkezett hidegfront hatására október 15-re már közel 5 °C-kal volt hidegebb az ilyenkor szokásosnál.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
27,9 °C, Sárvár *(Vas megye), október 4.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
-7,0 °C, Zabar *(Nógrád megye), október 25.*

Folytatódott a csapadékszegény időjárás: a száraz szeptember után száraz október következett. A hónapban országos átlagban mindössze 26,4 mm csapadék hullott, mely a sokévi átlagnál (51,1 mm) 48%-kal kevesebb. Hazánk nagy részén kevesebb csapadék érkezett a megszokottnál, északkeleten még a szokásos érték 10%-át sem érte el a csapadék mennyisége. Csupán a Dunántúl déli



5. ábra. A 2021-es ősz globálsugárzás összege (kJ/cm²).



6. ábra. A 2021 évi ősz napi középhőmérsékletei és az 1991–2020-as sokévi átlag (°C).

részén jelentkezett csapadéktöbblet egy kisebb területen, itt 10-30%-kal hullott több csapadék az átlagnál. A havi legnagyobb összeget (89,6 mm) is itt, a Somogy megyei Babócsán mértük. Északkelet felé haladva fokozatosan csökkent a havi összegek mennyisége, Sátoraljaújhelyen (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) mindössze 0,4 mm hullott október folyamán.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***89,6 mm, Babócsa** (Somogy megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***0,4 mm, Sátoraljaújhely** (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***44,6 mm, Bátaapáti** (Tolna megye), október 6.*

November. Az évszak utolsó hónapja is kissé hűvösebb volt, mint az 1991–2020-as sokéves érték. Országos átlagban 5,1 °C-nak adódott a havi középhőmérséklet, mely 0,3 °C-kal volt hűvösebb a normálnál. Az ország nagy részén 5-6 °C közötti havi átlaghőmérsékletek voltak jellemzőek. Ennél melegebb csak elszórtan kis területeken, illetve Szeged környékén, a délkeleti határszélen volt. Az Alpokalján, a Dunántúli- és az Északi-középhegységben, valamint hazánk északkeleti részén fordultak elő olyan nagyobb összefüggő területek, ahol a novemberi középhőmérséklet nem érte el az 5 °C-ot. A legmagasabb havi átlaghőmérsékletet (+7,3 °C) Szeged állomásunkon jegyeztük, a legalacsonyabbat (2,3 °C) pedig Zabar mérőállomáson. Az ország területén a sokévi novemberi átlaghőmérséklettől való eltérés 0 °C körül alakult (-0,5 °C és 0,5 °C közé esett). Ennél nagyobb pozitív anomália Szeged és Budapest térségében, valamint a Mátrában és a Bükkben volt. Idén novemberben a napi országos átlaghőmérsékletek a sokéves átlag körül alakultak, szinte végig követték a sokéves átlagok havi menetét. Ez alól csak a hónap első napjai voltak kivételek: 4-én elérte térségünket egy mediterrán ciklon melegfrontja, melynek köszönhetően a középhőmérséklet meghaladta a 12 °C-ot, és 4 °C-kal volt melegebb a megszokottnál. A hónap egészére elmondható, hogy egymást érték a frontok térségünkben. 22-től egy Oroszország felett elhelyezkedő ciklon hidegfrontja okozott markáns lehűlést. November 24-e lett a hónap leghidegebb napja, 0 °C alatti átlaghőmérséklettel.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***24,8 °C, Dombegyház - Gátőrház** (Békés megye), november 4.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***-9,7 °C, Zabar** (Nógrád megye), november 25.*

A november összességében átlagosan csapadékos időjárású volt. A havi csapadékösszeg országos átlagban 52,6 mm volt, amely a sokévi érték 108%-a. Ebben a hónapban – az évben már nem először – a Komárom-Esztergomi-síkság bizonyult a legszárazabb régiónak, szinte alig esett csapadék. Itt mértük a havi legalacsonyabb összeget is, Vértesketheły állomásunkon mindösszesen 21,8 mm hullott. A legnagyobb havi csapadékösszeget – októberhez hasonlóan – Babócsa állomáson összegeztük (99,9 mm). A hónap utolsó hetében megjelent a hó és a havas eső, de problémát inkább a nyugati határvidék magasabban fekvő részein előfordult átmeneti intenzív ónos eső okozott. Kiemelkedően sok csapadék (a sokévi átlagnak nagyjából a kétszerese) a hónapban koncentráltan a Tokaj-Zempléni-hegyvidéken, valamint az Észak-Magyarországi-medencék területén érkezett. November folyamán a hóréteg legnagyobb vastagsága Sopron Brennbergbánya állomáson, 27-én, 8 cm volt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***99,9 mm, Babócsa** (Somogy megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***21,8 mm, Vértesketheły** (Komárom-Esztergom megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***38,0 mm, Monok** (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), november 28.*

2021. ősz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm^{-2}	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszak összes	*eltérés*	*évszakos összeg*	*évszak közép*	*eltérés*	*max*	*napja*	*min*	*napja*	*évszak összes*	*átlag %-ában*	*r ≥ 1 mm napok*	*viharos nap (f_x ≥15 ms^{-1})*
Szombathely	533	140	92	10.5	0.1	30.1	2021.09.15	-4.3	2021.11.24	103	63	17	4
Nagykanizsa			92	10.0	-0.4	30.8	2021.09.15	-6.5	2021.11.24	121	56	17	1
Pér			94	10.3		30.9	2021.09.15	-5.7	2021.11.24	76	48	15	5
Siófok			86	11.7	-0.1	28.2	2021.09.15	-1.7	2021.11.25	126	82	19	7
Pécs				11.5	-0.0	30.5	2021.09.15	-3.0	2021.11.24	167	92	20	3
Budapest	585	151	92	11.3	-0.1	30.7	2021.09.15	-3.8	2021.11.24	89	63	13	1
Miskolc	498	96	83	9.8	-0.6	28.6	2021.09.13	-5.4	2021.11.25	108	72	12	0
Kékestető	539	131	91	6.9	0.3	20.5	2021.09.13	-5.1	2021.11.30	124	62	14	17
Szolnok			99	11.0	-0.4	30.4	2021.09.15	-5.2	2021.11.24	73	56	13	3
Szeged	557	96	93	11.4	-0.1	31.4	2021.09.15	-4.0	2021.11.24	113	86	16	7
Nyíregyháza			91	10.3	-0.2	28.5	2021.09.15	-4.6	2021.11.17	84	62	12	3
Debrecen	613	162	93	10.5	-0.5	29.2	2021.09.16	-4.5	2021.11.24	72	56	11	2
Békéscsaba			95	11.0	-0.3	30.4	2021.09.16	-4.9	2021.11.24	82	59	13	3

A 2021. ÉVI FIZIKAI NOBEL-DÍJ ÁTADÁSRÓL

Dobi Ildikó

1024. Budapest, Kitaibel Pál utca 1., *dobi.i@met.hu*

A 2021. évi fizikai Nobel-díjat komplex fizikai rendszerek megértésében áttörést hozó munkásságáért megosztva három kutató kapta, közülük ketten klimatológusok. Syukuro Manabe és Klaus Hasselmann felismeréseikkel alapvetően hozzájárult az emberiség számára létfontosságú komplex rendszer, a Föld klímájának fizikai modellezéséhez, a szén-dioxid légköri hatásának számszerűsítéséhez, valamint a globális felmelegedés megbízható előrejelzéséhez. Giorgio Parisi munkássága általánosabb értelemben vonatkozik az összetett fizikai rendszerekre. A mikroszkópikus méretű rendezetlen véletlenszerű anyagok fázisátalakulásának leírása korszakalkotó jelentőségű felismerés a fizikában.

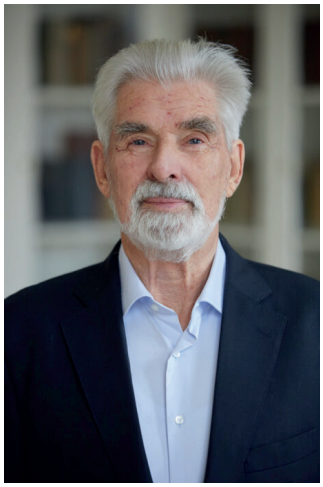
A japán származású Dr. Syukuro Manabe (1931–) aktív korában az egyesült államokbeli Princeton Egyetem oktatója, a NOAA meteorológusa volt. Pályája kezdetén nagy hatást gyakorolt rá Nils Ekholm meteorológus és az 1903-ban kémiai Nobel díjas Svante Arrhenius úttörő felismerése a szén-dioxid üvegház hatásáról. Hat évtized elteltével Manabe volt az első kutató, aki rájött, hogy a légköri sugárzási egyenlegben figyelembe kell venni a konvekció következtében megindúló függőleges légmozgásokat, és a vízkörzés során keletkező látens hőt. Elképzelését a 60-as években vezetett kutató csoportjával egy-dimenziós „oszlop” modellbe építette be, amelyben az egyes üvegházgázok változásait is figyelemmel kísérte. Szimulációs kísérletek során egyértelmű kapcsolatot tárt fel a szén-dioxid változása és a felszíni hőmérséklet között. A szén-dioxid koncentráció megkétszereződésével 2,36 Celsius fokos globális hőmérséklet emelkedést számított. Ezzel Manabe elsőként mutatta meg, hogy a megnövekedett szén-dioxid szint a légkörben miként vezet a Föld felszíni hőmérsékletének emelkedéséhez. A később három-dimenzióssá bővített modellje minden későbbi klímamodell alapja lett.

Dr. Klaus Hasselmann (1931–), a németországi Hamburgi Egyetem Professzora, a Max Planck Meteorológiai Intézet alapító igazgatója. Az 1970-es években létrehozott éghajlati modelljében kapcsolatot teremtett a globális klíma és az időjárás modellezése között. Igazolta, hogy egy globális éghajlati modell képes a trendek kimutatására annak ellenére, hogy az aktuális időjárás változékony és kaotikus. Az ő nevéhez fűződik az első, ún. statisztikus éghajlati modell, mellyel bebizonyította, hogy az időjárás előrejelzését meghatározó gyors légköri mozgások lassú változásokat indítanak el az óceánokban. Ezzel úttörő eredményt ért el, letette az óceáni modellezés alapjait. Fejlesztése a legtöbb mai éghajlati modell szerves részét képezi. Ezen felül modelljében számszerűsítette az egyes éghajlati tényezők (pl. napsugárzás, vulkáni részecskék, üvegházgázok stb.) hatását. Módszere alkalmas a globális ún. „ujjlenyomatok” azonosítására, ezáltal a természetes és antropogén kibocsátás melegítő hatásának elkülönítésére. Munkássága eredményeképpen egyértelmű bizonyítást nyert, hogy a légkör elmúlt évszázadban tapasztalt felmelegedésének fő oka az emberiség megnövekedett szén-dioxid kibocsátása.

Dr. Giorgio Parisi (1948 –) fizikus, az olaszországi Sapienza Egyetem tanára a 80-as években rejtett mintázatokat ismert fel rendezetlen komplex anyagokban. A rendezett és rendezetlen állapotok közötti fázis átmenet problematikája a nemegyensúlyi rendszerek kulcs kérdése. Parisi az üveg és kvarc kristály vizsgálata során ismerte fel és írta le a matematikai összefüggést, amelyel áttörést hozott a komplex rendszerek elméletében. Az olasz kutató által leírt egyenletek, modellek napjainkban a komplex rendszerek elméletének legnagyobb jelentőségű kutatásai közé tartoznak. Meglátása az atomitól planetáris szintig lehetővé teszik különböző és látszólag teljesen véletlenszerű jelenség megértését és leírását a fizikán kívüli tudományterületeken is, pl. biológiában, idegtudományban, hálózat elméletben, gépi tanulásban. Munkássága a klimatológiában hozzájárult többek között az éghajlati események periodikussága, a káosz-elmélet és a turbulencia pontosabb megértéséhez.



Syukuro Manabe
© Nobel Prize Outreach.
Photo: Risdon Photography



Klaus Hasselmann
© Nobel Prize Outreach.
Photo: Bernhard Ludewig



Giorgio Parisi
© Nobel Prize Outreach.
Photo: Laura Sbarbori

A 2021. évi fizikai Nobel-díj összege 10 millió svéd korona, amelyet ez alkalommal 25–25–50%-ban osztottak meg a három díjazott között. Az elismeréshez aranyérem és egyedi tervezésű díszes diploma jár. A bejelentésre 2021. október 5-én, a Svéd Királyi Tudományos Akadémián került sor, ahol „újságírói kérdésre Thors Hans Hansson, a bizottság elnöke elmondta, hogy bár a két díjazott kutatási terület meglehetősen különbözik egymástól, alkalmazásuk összeköti őket. A földi klíma modellezése és a klíma, mint komplex rendszer fizikai leírása együtt járultak hozzá ahhoz, hogy a klímaváltozást jobban megértse az emberiség, és előrejelzéseket tegyen vele kapcsolatban. Az elnök válaszában nem titkolta, hogy egyfajta üzenetnek is szánják a döntést."

https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/press-release/

A Nobel-díj napjainkban is a legrangosabb nemzetközi tudományos díj. Alapítója Alfred Nobel (1833-1896) svéd kémikus, a dinamit és többszáz egyéb találmány feltalálója. Végrendeletében (1895. november 27-én) arról rendelkezett, hogy teljes vagyonát egy alapítványra bízza, amely az összeg kamatát díjként ossza ki azok közt, „akik a megelőző évben a legnagyobb szolgálatot tették az emberiségnek". A Nobel Alapítvány 1900-ban kezdte meg működését, az első díjakat 1901. december 10-én adták át.

Az örökhagyó eredeti akarata szerint a fizika, kémia, fiziológia, orvostudomány és az irodalom legjobbjai, valamint az a személy részesülhet az elismerésben, „aki a békéért tett erőfeszítéseivel az elismerést kiérdemli". A fizikai Nobel Alapítvány javaslatait a Svéd Tudományos Akadémia Fizikai Osztálya véleményezi, a döntést az Akadémia hozza meg.

Ritka esemény a meteorológiai téma díjazása. Legutóbb 2007-ben a Nobel Béke-díjat az Kormányközi Éghajlatváltozási Testület (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change) és Albert Arnold (Al) Gore Jr. fele-fele arányban megosztva kapta. Az indoklás szerint „az ember által előidézett klímaváltozással kapcsolatos ismereteink bővítésére és ezen ismeretek terjesztésére, valamint arra tett erőfeszítéseikért, hogy lefektessék azoknak az intézkedéseknek az alapjait, amelyek a klímaváltozás ellensúlyozásához szükségesek".

Korábban a légkörtudomány egyedüli Nobel-díjasai az 1995-ös kémiai Nobel díjazottak: Paul J. Crutzen, Mario J. Molina és F. Sherwood Roland „a levegőkémia területén végzett munkájukért, különös tekintettel az ózon keletkezésének és lebomlásának vizsgálata terén elért eredményeikért".

Azt megelőzően a fizika Nobel-díjasok közt többek munkássága meghatározó hatással volt a légkörrel kapcsolatos ismeretinkre. A teljesség igénye nélkül, 1947-ben Edward Victor Appleton „a légkör felső rétegének fizikájával kapcsolatos kutatásaiért, különösen a róla elnevezett ionizált réteg felfedezéséért". A legkorábbi díjazott Wilhelm Wien 1911-ben „a hőmérsékleti sugárzással kapcsolatos felfedezéseiért" (Wien-törvény).

A SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

Kérjük, hogy a publikálásra szánt anyag beküldéséhez a következő formai követelményeket szíveskedjenek betartani. A beküldött kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja.

A közlésre szánt anyagokat kérjük elektronikus formában küldjék el a legkor@met.hu címre. Az anyag tartalmazza egy fájlban a kész cikket ábrákkal, kép aláírásokkal, amely a szerkesztést segíti majd. Ezen kívül a nyers szöveget Word-fájlban, amely ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként csatolva kérjük, az elérhető legjobb minőségben (png, jpg, vektorgrafikus formátumban). Kérjük, hogy külön Word-fájlban adja meg az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban kérjük egyenként megadni.

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és email címét. A szakmai cikkekhez kérünk irodalomjegyzéket csatolni, melyben csak a szövegben szereplő hivatkozás szerepelhet.

KISLEXIKON

Sarkadi Noémi

Pécsi Tudományegyetem, TTK, FFI, *sarkadin@gamma.ttk.pte.hu*

alluvium: a folyók által létrehozott és felhalmozott hordalék. A termőföld (humusz), a folyók/tavak/tengerek meszes/homokos/kavicsos/agyagos jelenkori lerakódásai, vulkánok lávái, stb. Recens vagyis jelenkori képződményeknek is mondják. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

anizotróp: az változás a térbeli iránytól függ. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

beázási mélység: az a talajmélység, ameddig a csapadékvíz, vagy öntözővíz be tud szivárogni (függ a talaj tulajdonságaitól). (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

eketalp-réteg: az azonos mélységben (és azonos irányban) művelt földek sajátsága, hogy az évek során az eke mélységében egy tömör réteg alakul ki, amelyet eketalpnak neveznek. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

hervadási pont: a talajnedvesség azon értéke, amelynél a talajban lévő víz már a növényzet számára nem hasznosítható, nem felvehető. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

hidraulikus vezetőképesség: a kőzet-víz, valamint talaj rendszer vízvezetési képességét leíró mérőszám. A ~ függ a kőzet és a folyadék (víz) tulajdonságaitól, pl.: szemcseméret, kötöttség, a folyadék sűrűsége, dinamikai viszkozitása. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

holtvíz: a növények számára nem hozzáférhető víz a talajban. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

kokrígelés: olyan interpolációs eljárás, ahol az illesztés során két adathalmazt használunk fel (egy korreláló ponthalmazt és egy másik állományt, pl.: domborzatmodell). (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

kötöttség: a talajkötöttség megadja a talajművelő eszközökkel szembeni ellenállását. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

liziméter: a növényzettel borított és a csupasz talaj párolgása során bekövetkező vízmennyiség veszteség mérését szolgáló műszer. A műszer a csapadék mennyiségét, az evapotranspriációt és a beszivárgást is képest mérni. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

öko-fiziológiai folyamatok: a növényközösségek, vagy ökoszisztémák működésében lezajló fiziológiai (élettani, élő szervezetekben lezajló folyamatok) változások leírását jelenti. (*In: Bolla B.: Erdészeti meteorológiai mérőhálózat, mint az erdővédelmi mérő- és megfigyelő rendszer alrendszere*)

pF-görbe: víztartóképesség-függvény, megadja, hogy a talajban adott körülmények között mennyi víz áll rendelkezésre a növények számára felvehető módon. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

porozitás: a talaj szilárd alkotóelemei közötti üregek (pórusok) összes térfogata. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

szántóföldi vízkapacitás: az a vízmennyiség, amit a talaj beázás után a garvitációval szemben vissza tud tartani; a talaj nagyobb méretű pórusaiból a víz már elszivárgott a mélyebb rétegekbe, és csak a kisebb átmérőjű pórusokban található víz a talaj felső rétegében. (*In: Barta K. et al.: A felszínközeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában*)

A 66. ÉVFOLYAM (2021) SZERZŐI

AUTHORS OF VOLUME 66(2021)

Allaga-Zsebeházi Gabriella: **Beszámoló az Első Országos Interdiszciplináris Éghajlatváltozási Tudományos Konferenciáról** 2021/3, 4.

Baranka Györgyi: **Történelmi arcképek: Massány Ernő** 2021/1, 41.

Baranka Györgyi: **150 éve született Marczell György, a magyar magaslégkör kutatás megteremtője** 2021/3, 31.

Báder László: **A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek" hatása az éghajlati energia-, és vízmérlegre** 2021/3, 16.

Barta Károly: **A felszín közeli vízkészletek monitoringjának lehetőségei a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz) értékelésének szolgálatában** 2021/4, 4.

Bíróné Kircsi Andrea: **A 2020. év időjárása** 2021/1, 35.

Bolla Bence: **Erdészeti meteorológiai mérőhálózat, mint az erdővédelmi mérő- és megfigyelő rendszer alrendszere** 2021/4, 13.

Bozó László: **Dr. Götz Gusztávra emlékezünk** 2021/2, 34.

Cséfalvay Katalin: **Évszakos fotógaléria: Jégcsaptúra a Szakadás-árokban – 2021. február 19.** 2021/1, 2.

Cséplő Anikó, Schmeller Gabriella, Czigány Szabolcs, Sarkadi Noémi, Pirkhoffer Ervin, Jeevan Kumar Bodaballa és Geresdi István: **Még nem nagykorú, de már adatbázis: Meteorológiai állomás a botanikus kert szélárnyékában** 2021/1, 11.

Dobi Ildikó: **Napfénytartam és globálsugárzás sokévi átlag térképek Magyarországra** 2021/3, 22.

Dobi Ildikó: **A 2021 évi fizikai Nobel-díj átadásról** 2021/4, 43.

Erdődiné Molnár Zsófia és Kovács Attila: **Sentinel-2 NDVI értékek táblaszintű vizsgálata különböző növénykultúrákban** 2021/1, 19.

Fazekas András István: **A globális szén-dioxid-kibocsátást generáló fő hajtóerők** 2021/4, 15.

Fajzi György: **Klímaszorongás** 2021/4, 24.

Fejes Edina: **Hírek** 2021/4, 38.

Hermann Edina, Nagy József, Tóth Róbert, Klaibán Sándor, Kordás Nóra, Balázs Roland, Bujdosó Bence, Zsoldos Erzsébet, Suhai Bence, Suhai György: **A földfelszíni megfigyelőhálózat adatgyűjtésébe épített adatellenőrzés, folyamatban lévő fejlesztések** 2021/2, 19.

Izsák Beatrix, Bihari Zita, Szentes Olivér: **Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat vizsgáljak?** 2021/3, 12.

Kaczur Csilla (címlapkép): **Köd előttem, köd utánam - Bélapátfalva** 2021/3

Kolláth Kornél, Lakatos Mónika: **Évszakos fotógaléria** 2021/1, 2, 43; 2021/2, 2,43; 2021/3, 2,43; 2021/4, 2, 47.

Lakatos Mónika, Bihari Zita, Izsák Beatrix, Marton Annamária, Szentes Olivér: **Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon** 2021/3, 5.

Lakatos Mónika: **Kiterjedt, gyors és egyre intenzívebb az éghajlatváltozás az IPCC 6. értékelő jelentése szerint** 2021/3, 29.

Németh Ákos: **A Magyar Meteorológiai Társaság hírei** 2021/1, 33.

Németh Ákos: **Közel negyedszázad az OMSZ gazdasági vezetőjeként** 2021/4, 34.

Paszternákné Marton Annamária: **2021 tavaszának időjárása** 2021/2, 39.

Sarkadi Noémi: **Kislexikon** 2021/1, 26; 2021/2, 42; 2021/3, 42; 2021/4, 45.

Szabó Dorottya: **Megjelent a kormányrendelet az Országos Meteorológiai Szolgálatról és a meteorológiai tevékenységről** 2021/3, 30.

Szabó Dorottya: **Interjú Németh Ákossal, a Meteoszkóp házigazdájával** 2021/3, 36.

Szabó Bernadett: **Meteorológiai Világnap 2021** 2021/2, 36.

Szabó Bernadett: **Díszelőadás a Vígszínházban** 2021/3, 42.

Szalai Viktor, Weidinger Tamás, Dezső József: **Párolgásbecslések hazai spárga- és szőlőültetvényeken** 2021/1, 5.

Szentirmai Péter (címlapkép) : **Olvadó jégcsap** 2021/1

Szerkesztői üzenet: **Elhunyt Bozóki István** 2021/1, 4.

Szerkesztői üzenet **Elhunyt Schirokné Kriston Ilona** 2021/1, 4.

Szerkesztői üzenet: **A 2021. évi Meteorológiai Világnap alkalmával kitüntetettek** 2021/1, 34.

Szolnoki-Tótiván Bernadett: **2020/2021 telének időjárása** 2021/1, 39.

Szolnoki-Tótiván Bernadett: **2021 nyarának időjárása** 2021/3, 39.

Szolnoki-Tótiván Bernadett: **2021 őszének időjárása** 2021/4, 45.

Szomoru Miklós (címlapkép): **Tél Pilisszentkereszten** 2021/4

Tar Károly: **Az átlagos szélsebesség napi változásának statisztikai becslése** 2021/1, 27.

Tölgyesi László: **Ladogától Meteoráig. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Infokommunikációs története a kezdetektől , napjainkig – Egy meteorológus-informatikus szemüvegén keresztül II.** 2021/2, 4.

Wagner Csapó József (címlapkép): **A Marczell György Főobszervatórium Ambrózy Pál tanösvényének régi műszerkertje** 2021/2

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter: **A 2021. évi tavi viharjelzési szezonról** 2021/4, 28.



Erős légkörfény az Alpokban. A fotón alkalmazott színfokozás a természetes égbolt színéhez képesti eltérést nagyítja fel. A spektrális mérések alapján az oxigén zöld, illetve a nátrium narancs színképvonala dominálta a fényszennyezéstől mentes égbolt fényét. Kolláth Zoltán, Mössna, Ausztria, 2021. november 2.



Dukovany erőmű gyártotta Stratocumulus felhők. Hana Podrazká, 2021. november 9.