

## A HAZAI VÍZKÉSZLETEK, TERMÉSZETES NÖVÉNYEK ÉS A MEZŐGAZDASÁG ÉRZÉKENYSÉGE AZ IDŐJÁRÁS SZÉLSŐSÉGEIRE ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁSRA

MIKA János<sup>1</sup>, FARKAS Andrea<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eszterházy Károly Egyetem, 3300 Eger Leányka u. 6. e-mail: mika.janos@uni-eszterhazy.hu

<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, 1083 Budapest, Ludovika tér 2.  
e-mail: andrea.farkas@klimaklub.hu

**Kulcszavak:** időjárási szélsőség, klímaváltozás, vízkészlet, természetes növénytakaró, mezőgazdaság, regionalitás

**Összefoglalás:** Tanulmányunk lényege két szakértői összesítés egyfelől arról, hogy az időjárási szélsőségek, másfelől a hazánkban várható éghajlatváltozás milyen hatással vannak a címben jelzett három tájtényezőre, azaz a hidrológia és vízkezelés, a természetes ökoszisztémák, valamint a mezőgazdaság és élelmiszer-ellátás folyamataira. Ezt a két, egyenként 12, illetve 9 sort és mindkét esetben három-három oszlopot számláló táblázatot annak a kérdésnek a tisztázása követi, hogy mit mondhatunk a szélsőségek és a klímaváltozás kapcsolatáról. Ez utóbbi összesítés alapján megállapíthatjuk, hogy az időjárási szélsőségek nem azért veszélyesek, mert egyöntetűen fokozódnak, mert ez nem áll fenn, hanem azért mert rendszeresen bekövetkeznek.

### Bevezetés

Az éghajlat egy olyan, hosszabb időszakra állapítja meg az időjárás statisztikáit, amelynek hossza lényegesen meghaladja a légköri mozgások determinisztikus előre jelezhetőségének legfeljebb egy hónapos korlátját. A több évtizedes átlagolást meghatározó folyamatokban már nemcsak a légkör, de az óceánok, a jégrétegek, valamint a szárazföldi felszínnek is szerepet játszanak, sőt az éghajlatnak immár nemcsak elszenvedője, de részben alakítója is a növénytakaró. Például, az erdőirtás a haszonnövények nagyobb fényviszszaverésén keresztül részben ellensúlyozza, a saját optimum-sávján kívülre kerülő növényzet pusztulása viszont a szén-dioxid megkötés gyengülése folytán, sajnos erősíti a felmelegedést.

Az északi félteke átlagos levegőhőmérsékleteinek tudományos rekonstrukciói között jelentős mértékű egyezés van. Mindegyik sorozat hasonló hosszú távú tendenciákat mutat: a század kezdetétől kb. 1940-ig melegedés, az 1970-es évek közepéig lehűlés, majd ismét melegedés. A témába vágó legfontosabb kérdés azonban, hogy valóban az emberiség felelős-e a tapasztalt globális felmelegedésért. Ezt a megállapítást az Kormányközi Éghajlatváltozási Testület egymást követő jelentései (IPCC 2007, IPCC WGI 2013) is megerősítik.

Kérdés, hogy a jövő egyszerűen csak egy lassú, folyamatos melegedés, vagy tartanunk kell valamifajta minőségi ugrástól is. Bő egy évtizede az elhíresült Pentagon Jelentés (Schwartz és Randall 2003) és a Holnapután című film (bemutató: 2004. május) nyomán elterjedt az új jégkorszakkal kapcsolatos félelem. Azonban, igazából már akkor ismert volt az a számítás, hogy még az óceáni „szállítószalag” teljes leállításának sem jégkorszaki mértékű lehűlés lenne a következménye, hanem a maitól nagyon eltérő hőmérséklet-eloszlás az Észak-atlanti régió kontinensei és az óceán között (Wood et al. 2003).

Időjárási szélsőségnek a ritkán bekövetkező eseményeket tekintjük. A mérsékelt szélességeken jellemző problémák a viharok, tornádók, a jégeső, a homokviharok, valamint a füst, a köd és az erdőtüzek. E súlyos időjárási jelenségek időtartama mindenhol néhány perc és több nap között változhat, térben pedig néhány száz méterre vagy akár néhány száz kilométerre is kiterjedhetnek.

Az időjárási szélsőségeket további hidrometeorológiai veszélyek kísérik, mint például árvíz, törmelék- és sárcsuszamlás, vihardagály, szél, eső, illetve egyéb komoly viharok és

villámlás. A hosszabb távú, csapadék- és hőmérséklet-eredetű szélsőségek közé tartoznak az aszályok, a tűzviharok, a hóhullámok és a hólavínák.

A természeti katasztrófák mintegy 90%-a valamilyen módon az időjáráshoz kapcsolódik, ezek anyagi kár részét tekintve. Az időjárás okozta károk a világ legszegényebb országaiban a bruttó nemzeti össztermék több mint 10 százalékát elpusztítják (WMO 2006). Ez a szám a leggazdagabb országokban hozzávetőleg 2% (Magyarországon az ebből a szempontból kedvező földrajzi elhelyezkedés miatt csak 1%).

### A szélsőséges időjárás hatásai

E pont mutatja be az egyes időjárási szélsőségek hatásait a címben jelzett három tájtényezőre. Az időjárási szélsőségeket a Meteorológiai Világszervezet megfigyelési kódjaiból (<http://www.wmo.int>) gyűjtöttük ki hazánk éghajlatának figyelembe vételével. A kiválasztott 12 szélsőség képezi az 1. táblázat sorait, míg az oszlopokban felsorolt hatások a következők: a hidrológia és vízkezelés; a természetes ökoszisztémák; a mezőgazdaság és élelmiszer-ellátás.

E tájtényezők kiválasztására a legutóbbi IPCC WG II (2014) jelentésben szereplő összes fejezetben felsorolt szárazföldi hatások összegyűjtésével került sor, majd ezek egy részét egyesítettük azért, hogy ne képezzünk túlságosan részletes tájtényezőket, amelyekben számos ablak hiányozna, és a túl sok oszlop sem lenne áttekinthető.

Az IPCC 2014-ben talált hatásokat kiegészítik a hazai média által tükrözött események, illetve operatív éghajlati tapasztalatok is (IPCC WG II 2014). Az 1. táblázat így szakértői összesítésnek és kiemelésnek tekinthető.

1. táblázat Az időjárási szélsőségek hatásai és a választott tájtényezőkre kifejtett hatásai.

Table 1. Effects of weather extremes on the selected landscape components

Időjárási szélsőségek	A cél régió szempontjából releváns tájtényezők/területek		
	Hidrológia, vízkezelés	Természetes ökoszisztémák	Mezőgazdaság, élelmiszer-ellátás
Szélsőségesen hideg nappal és éjszaka	A tavak váratlan befagyása	Valószínű károk (állatok)	Lehetséges károk (pl. Őszi búza)
Szélsőségesen forró nappal és éjszaka	Megnövekedett maximális vízigény	Lehetséges károk	A kár kockázata, a növények túlmelegedése
Hosszú hóhullám	A vízminőség romlása	Lehetséges károk	A termés csökkenése, élelmiszer-biztonsági kockázatok
Súlyos aszály	Kevesebb forrás, nagyobb igény, vízminőség	A zöld területek csökkenése	Erőteljes termékcsökkenés
Erős esőzés, hosszú esős időszak	Árvíz, vízfelesleg, belvíz	Talajromlás, sárcuszamlás, kártevők	Talajromlás, terményminőségi kockázat
Erős havazás, hótorlasz	Olvadást követően árvíz kockázata fennállhat	Belvíz kockázata olvadást követően	Belvíz kockázata olvadást követően
Egyenletesen világos nap	Erős párolgás, vízminőségi kockázat	Egyes növények érzékenyek az UV-sugárzásra	Egyes növények érzékenyek az UV-sugárzásra
Vihar, villámlás, jégeső	Az eszközöket és munkásokat fenyegető veszély	A villámlás és jégeső növényeket érő károsító hatása	Villámlás, jégeső okozta kár: gyümölcs, szőlő
Viharos szél, pl. tornádó	Tavak lejtőjének megdőlése, az eszközök veszélyeztetése	Lehetséges, hogy a szél fákat tör ki	Lehetséges szélkár
Hosszan tartó szélsőséges	Lehetséges vízminőségi problémák	Fokozott ózonmennyiség az utak mentén	Fokozott ózonmennyiség az utak mentén
Ködpára, köd	Tavak és folyók hajózási korlátozása	Több növénybetegség lehetséges	Több növénybetegség lehetséges
Ónos eső, felszíni jegesedés	Az eszközök mechanikai terhelése	Mechanikai károk	Mechanikai károk

Természetesen a 36 cellában szereplő hatások nem egyformán veszélyesek az ország összes régiójában. Ezek relatív súlya a kérdéses terület éghajlatától, az ott kevésbé gyakori

események általában súlyosabb károkat okoznak. Természetesen más, nem éghajlati feltételek is hatnak, amelyeket expozíciónak illetve sebezhetőségnek azonosítunk (IPCC SREX 2012).

Az expozíció azt jelenti, hogy emberek, lakóhelyek, tevékenységek olyan helyen vannak, ahol erősebben érheti őket, illetve azokat a káros hatás. Példa erre az árterületen épített lakóház, a meredek lejtőn a talajjal együtt csúszó épület, vagy a völgyalján települt nagyváros, amelynek szellőzése szélcsendben nem biztosított. A kitétséget tekinthetjük természetföldrajzi fetételnek. Ezzel szemben, a sebezhetőség olyan társadalomföldrajzi fogalom, amely akkor áll fenn, ha az érintett személyek, családok és nagyobb közösségek anyagi, képzettségi, vagy információs hiányosságok miatt a kellénél nagyobb károkat szenvedhetnek. Példa erre a rossz állagú épület és tető, a prognózishoz-jutás lehetetlensége (nincs TV, rádió, internet), illetve a védekezésre alkalmatlan egészségi állapot, ideértve akár a tudatmódosító szereket is. E nem meteorológiai hatások fontossága miatt az időjárási szélsőség definíciójában nem tudjuk figyelembe venni a károk mértékét, mert azok már nemcsak a szélsőség erejétől, hanem a kitétségtől és sérülékenységtől is függenek.

### A klímaváltozás miatt várható hatások

Ez a pont foglalja össze a klímaváltozás várható hazai hatásait a címben jelzett tájtényezőkre. A klímaváltozás hazai sajátosságait az IPCC legutóbbi jelentésében (IPCC WGI 2013) és annak mellékleteiben szereplő térképek alapján választottuk ki. Ezt a kilenc éghajlati változást a 2. táblázat soraiban mutatjuk be, míg az oszlopok, azaz a feldolgozott tájtényezők e táblázatban is a hidrológia és vízkezelés, a természetes ökoszisztémák, valamint a mezőgazdaság és élelmiszer-ellátás. Ily módon a hatások és az ezek okozta behatások jövőbeli változásainak mátrixa (2. táblázat) 9 hatást foglal magába a 3 tájtényezőre. Az összesen 27 cella néhány esetben több önálló hatást is tartalmaz, amiket ugyanaz a változás fejthet ki ugyanarra a tájtényezőre.

2. táblázat Az éghajlatváltozás hatásai a választott tájtényezőkre.

Table 2. Effects of regional climate change on the selected landscape components

Várható éghajlati változások	A cél régió szempontjából releváns tájtényezők/területek		
	Hidrológia, vízkezelés	Természetes ökoszisztémák	Mezőgazdaság, élelmiszer-ellátás
Minden évszakban magasabb hőmérséklet	Roszsabb vízgyengülés, intenzívebb kémiai és biológiai folyamatok	Fenológiai eltolódások, nagyobb hozam és invazív fajok	Fenológiai eltolódások, nagyobb hozam, ahol elegendő eső esik
Kevesebb szélsőségesen hideg nappal és éjszaka	Kevesebb váratlan töbefagyás	Nagyobb hozam, ahol elegendő eső esik	Jobb és több egyenletes terméshozam és minőség
Több szélsőségesen meleg nappal és éjszaka	Több vízminőségi és maximális vízellátási probléma	Csökkent biomassza lehetséges, egyes növényeket érő stressz	Csökkent terméshozam, az élelmiszer-kezelés problémái
Hosszabb hőhullámoknyáron	Erősebb vízminőségi és -ellátási problémák	Nagyobb turisztikai terhelés, csökkent biomassza lehetséges	Terméshozam csökkenése, az élelmiszer-kezelés problémái
Kevesebb eső az év melegebb felében	Több alacsony vízállás a folyóknál, kevesebb vízenergia és -ellátás	Fenológiai eltolódások, a hozam és a biomassza vesztesége lehetséges	A terméshozam csökkenése, de pl. A borok jobb minősége
Hosszabb száraz időszakok, több aszály	Erősebb vízminőségi és -ellátási problémák, fokozott igény	A biomassza-termelés és széntárolás	A terméshozam és állatállomány csökkenése
Több erős esőzés, akár felhőszakadás	A vízszint nagyobb mértéke folyók és tavak esetén, több árvíz	A gyorsabb talajerózió és több villámlás veszteségekhez vezethet	A gyorsabb talajbomlás terményvesztéshez vezethet
Kevesebb hóesés nap, rövidebb ideig meglévő hótakaró	Átlagosan esetleg kevésbé gyakori tavaszi áradás	Hosszabb vegetációs időszak, kisebb talajnedvesség tavasszal	Hosszabb vegetációs időszak, kisebb talajnedvesség tavasszal
Több napsütés (kevesebb felhő) nyáron	Fokozott területi és tavi evotranszpiráció és vízkémia	Nagyobb hozam, ahol elegendő eső esik	Jobb gyümölcs- és szőlőminőség, fokozott fotoszintézis

Természetesen, a 27 cellában felsorolt, jövőbeli hatások ugyanúgy nem egyformán okoznak gondokat az ország egyes régiójában. Az időjárási szélsőségek hatásainak fenti

összegzésekor írottak a klímaváltozás hatásaira is érvényesek: a klímaváltozás hatásainak jellege és mértéke is függ a terület éghajlatától és más, nem éghajlati feltételektől is.

### Kapcsolatok a klímaváltozás és az időjárási szélsőségek között

Gyakran hallott sztereotípiák, hogy a globális klímaváltozással párhuzamosan szaporodnak és erősödnek a szélsőségek. E feltételezést számos érv és ellenérv kíséri (lásd többek között Mika 2013), kivált olyan esetekben, amikor a mérések, vagy a modellek alapján nem teljesen egyértelmű a változás. A szélsőségek fokozódását segítheti, hogy a teljes éghajlati rendszer energiatartalma kis mértékben növekszik, azaz könnyebben koncentrálódik egy helyre a szélsőségeket fenntartó sok energia. Ugyancsak kedvez ennek a függőleges labilitás, azaz a konvekció erősödése, ami az egyszerű záporoktól a hurrikánokig sokféle szélsőség előfeltétele. Ellene szól ugyanakkor a szélsőségeknek, hogy a most hűvösebb poláris és kontinentális területek gyorsabban melegsznek, ezáltal csökken a vízszintes irányú hőmérsékletkülönbség.

Nos, ebből is látható, hogy a globális felmelegedés nem vezet mindenfajta szélsőség egyértelmű fokozódásához. A 3. táblázatból ugyanakkor kitűnik, hogy több olyan szélsőség is van, amelyek gyakorisága vagy erőssége a globális felmelegedéssel egyértelműen változik. E változások számos esetben egyszerűen a statisztikai eloszlás eltolódásának következtében jönnek létre, amelyek az eltolódás útjába eső szélsőségek erőteljes fokozódását eredményezik. Például a szélsőséges meleg a szélsőség korábbi küszöbértéke fölé emelkedik. A táblázat első oszlopa globális megfigyeléseken, a második és harmadik oszlop állításai globális éghajlati modelleken alapulnak.

3. táblázat A közelmúlt tendenciái, ebben az ember szerepe és előrejelzés azon időjárási szélsőségek, amelyeknél a XX. században változás mutatkozott (IPCC 2007: Tab. SPM-2)

Table 3. Recent trends, assessment of human influence and projections of extreme weather events for which there is an observed 20th century trend (IPCC 2007: Tab. SPM-2)

Jelenség és tendencia	Tendencia érvénye a XX. század végén (1960 után)	Az ember szerepe a megfigyelt tendenciában	A tendencia folytatódása a XXI. században
Melegebb és kevesebb hideg nap és éjszaka a legtöbb szárazföldön	Nagyon valószínű	Valószínű	Gyakorlatilag biztos
Melegebb és több forró nap és éjszaka a legtöbb szárazföldön	Nagyon valószínű	Valószínű (éjszaka)	Gyakorlatilag biztos
A hóhullámok gyakorisága a legtöbb szárazföld területén növekszik	Valószínű	Inkább valószínű, mint nem	Nagyon valószínű
A nagy csapadékhozamú napok gyakorisága és ezek hozamának aránya az összes csapadékban a legtöbb területen növekszik.	Valószínű	Inkább valószínű, mint nem	Nagyon valószínű
Az aszályal sújtott területek növekszenek	Egyes régiókban 1970 óta valószínű	Inkább valószínű, mint nem	Valószínű
Az Intenzív trópusi ciklonok aktivitása fokozódik	Egyes régiókban 1970 óta valószínű	Inkább valószínű, mint nem	Valószínű
A szélsőségesen magas tengerszinti vízállás gyakorisága fokozódik (a cunamik nélkül)	Valószínű	Inkább valószínű, mint nem	Valószínű

A globális éghajlati modellek az egyedüli fizikailag konzisztens eszközök, amelyekkel a változások fizikai magyarázatát célzó vizsgálatok és projekciók készíthetők. A számítógépes teljesítmény (és megfigyelési sűrűség) korlátai következtében azonban ezek térbeli felbontása nem elegendő a kisebb léptékű jelenségek, köztük a fent említett szélsőséges események többségének becsléséhez.

A kisebb léptékű események előrejelzésekre való beépítésének egyetlen módja jelenleg a durvább modellekbe finomabb léptékű modellek beépítése egyoldalú társítással (beágyazott modellek, más néven regionális modellek). A nagyobb modellek oldalsó határfeltételeket

biztosítanak a beágyazott modellek számára. Azonban az eredmények változatossága miatt, amely esetenként nagyságrendi is lehet, pl. a különböző évszakok csapadékosságának tekintetében (van der Linden és Mitchell 2009) ezek az információforrások sem teljesen meggyőzőek.

A fenti, időjárási szélsőségek egy részével tehát nem azért kell foglalkoznunk, mert majd fokozódnak a jövőben, hanem azért, mert időről-időre bekövetkeznek.

### Irodalom

http1: [http://www.srh.noaa.gov/jetstream/synoptic/ww\\_symbols.htm](http://www.srh.noaa.gov/jetstream/synoptic/ww_symbols.htm)

IPCC 2007: Climate Change 2007: WG-I, The Physical Science Basis. WG-II, Impacts, adaptation and vulnerability. WG-III, Mitigation of Climate Change ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)).

IPCC SREX 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editors: Field C.B., Barros V.R., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p. 582.

IPCC WGI 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editors: Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1535.

IPCC WG II 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editors: Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1132.

Mika J. 2013: Changes in weather and climate extremes: phenomenology and empirical approaches. *Climatic Change* 121 (1): 15–26. [DOI: 10.1007/s10584-013-0914-1].

Schwartz P., Randall D. 2003: An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for US National Security [<http://www.grist.org/pdf/AbruptClimateChange2003.pdf>].

van der Linden P., Mitchell J.F.B. (Eds.) 2009: ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. p. 160.

WMO 2006: WMO an example of International Cooperation. Presentation by M. Jarraud, Secretary-General of the WMO in Budapest, Hungary March, 6, 2006. [CD-ROM].

Wood R.A., Vellinga M., Thorpe R. 2003: Global Warming and THC stability. *Philosophical Transaction of the Royal Society A*. 361: 1961–1976.

[<http://www.journals.royal.soc.ac.uk/media/34JJQWRRU5JMME2JQJFT/Contributions/X/R/K/N/XRK-NTR8GBNAJMFQE.pdf>]

---

SENSITIVITY OF INLAND WATER BODIES, NATURAL VEGETATION AND AGRICULTURE TO  
WEATHER EXTREMES AND TO CLIMATE CHANGE

J. MIKA<sup>1</sup>, A. FARKAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eszterházy Károly University, 3300 Eger Leányka 6. e-mail: mika.janos@uni-eszterhazy.hu

<sup>2</sup> National University of Public Service, Doctoral School of Military Sciences, 1083 Budapest, Ludovika sq. 2.,  
e-mail: andrea.farkas@klimaklub.hu

**Keywords:** weather extremes, climate change, water bodies, natural vegetation, agriculture

The aim of this paper is to comprehend possible impacts of the atmospheric extreme events and of the expected climate change on three components of the landscape: hydrology and water management, natural vegetation, agriculture and food supply. These components are presented in the three columns of both matrices edited to comprehend the ecological impacts of weather extremes and climatic change. The 12 lines of the weather extremes include extreme cold day and night, extreme hot day and night, long heat wave, severe drought, heavy rainfall, long rain period, heavy snowfall and snow accumulation, evenly bright day, thunderstorm with lightning and hail, stormy wind including tornado, long lasting lack of wind, haze or fog, freezing rain and surface icing. Regional climate changes in Hungary, represented in the nine lines of the second matrix, include increased temperature in all seasons, less extreme cold days and nights, more extreme warm days and nights, longer heat waves in summer, less rainfall in the warm half-year, longer dry periods, more drought, more heavy or torrential rain, less snowy days, shorter snow cover, more sunshine in summer. These expert-based matrices are connected by a table of the IPCC that connects the weather extremes on one hand, and the recent and projected future trends concerning the extremes. The conclusion is that just a small part of all weather extremes exhibit trends and clear future changes. Hence, one should improve resilience to these extremes not because of climate change, but because they frequently occur even in the present climate.