

# Időjárás - éghajlat – biztonság

(Mika János éghajlatkutató **Globális klímaváltozás, hazai sajátosságok** címmel tartott előadásának anyaga 2005. április 18-án elhangzott előadásának anyaga)

## IDŐJÁRÁS ÉS ÉGHAJLAT - CSEPPBEN A TENGER?

Miért is tettünk kérdőjelet a cím után? Mert a hasonlat nem pontos! Az még helyénvaló, hogy az éghajlatba beleértjük az adott helyen lehetséges időjárási helyzeteket, a maguk előfordulási valószínűségeivel. De a tenger cseppjeinek egyformaságával szemben áll az időjárás sokfélesége. Hiszen a pár másodperctől a légkör pár hetes fizikai "emlékezetének" határáraig sokféle képződmény alakulhat ki, melyek pusztán leírásához tucatnál több fizikai mennyiségre van szükség. Az időjárás tehát nem csupán az éghajlat egy aktuális megnyilvánulása, vagyis nem "csepp a tengerből". Írásunkban előbb az időjárás és az éghajlat közötti kapcsolatáról szólnunk, majd felvázoljuk, hogy mi az, ami e kérdéskörben globálisan és a Kárpát-medencében változást mutat, külön kitérve a nagy csapadékok alakulására.

### Időjárás és éghajlat

Neves légkörkutatók megfogalmazása szerint: "az éghajlat az, amire számítunk, az időjárás az, ami bekövetkezik" (Lorenz, 1982), vagy "az éghajlat az, amire az ember befolyást gyakorol, az időjárás az, amelyen keresztül elszenvedni ennek következményeit" (Allen et al., 2003). Mint minden aforizma, a fenti idézetek is leleményesen érzékeltetik a lényegét. Myles Allen 21. századi megfogalmazása rámutat az utóbbi két évtizedben bekövetkezett szemléleti változásokra is. Jelzi, hogy a környezetet nem kímélő, egyre intenzívebb emberi jelenlét visszahat az éghajlatra, s ezen keresztül az emberek életkörülményeire.

Fontos, hogy a földtudományok letisztult problémaértése mellett (pl. Götz, 2004) egyre több tudományág ismeri fel a klímaváltozás valós kockázatát és az ebből fakadó tudományos feladatokat. Ugyanakkor az éghajlat és az időjárás fogalmainak használatában néha már átesünk a ló másik oldalára. Arra a jelenségre gondolunk, amikor egy-egy különös időjárási eseményt és kártételt mind gyakrabban éghajlati szélsőségeként, éghajlati katasztrófaként aposztrofálunk. Pedig ez helytelen, mert a meteorológusok számára az időjárás a légkörfizika eszközeivel elvben két-három hétig, a gyakorlatban kb. egy hétig megbízhatóan előre jelezhető események sora, amelyek egyértelműen kapcsolhatók a légkör különféle képződményeinek kifejlődéséhez és átvonulásához az adott terület fölött. De helytelen azért is, mert az "éghajlati szélsőség", "éghajlati katasztrófa" kifejezések - éppen a klímaváltozás felismerésével összecsengve - azt sugallják, mintha ezek az éghajlat változása miatt következtek volna be.

Úgy tűnik ugyanakkor, mintha gyakoribbak lennének ezek a szélsőséges események, amelyek gyakran emberéleteket követelnek és jelentős anyagi kárt okoznak. Látszólagos tendencia ez, vagy a szélsőséges éghajlati események valóban gyakoribbá és erősebbé válnak a globális melegedéssel párhuzamosan? Az 1. ábra Joanne Linnerooth-Bayer és munkatársai (2003) nyomán bemutatja a Föld éghajlati katasztrófái által okozott károk 20. századra becsült értékeit a világ bruttó nemzeti termékének százalékában. A növekvő tendencia nem kétséges. De bizonyít-e ez valamit, vagy csak azt tükrözi a grafikon, hogy egyre sűrűbben lakjuk be a

Földet, és hogy egyre drágábbak a kárt szenvedő ingatlan és ingó vagyontárgyak, még az egy év alatt létrehozott javak értékéhez képest is?

Sajnos, a szélsőséges időjárási események gazdasági hatásának reális becsléséhez általában nem állnak rendelkezésre megfelelő adatok, nincs autentikus adatgyűjtő hálózat. Ezek megszületéséig néhány, az időjárási szélsőségek terén elvégzett hazai számítás eredményeire tudunk hivatkozni, melyekről írásunk második felében, a globális és a regionális változások számbavétele után számolunk be.

## **Mi változik?**

Az emberi tevékenység eddig csak az éghajlatot tudta földi léptékben módosítani, az időjárást nem (kivétel talán a jégeső-elhárítás, bár ennek tudományos bizonyítása sem lezárt feladat).

Az éghajlatváltozás terén a legbiztosabb állítás az, hogy sokfajta üvegházhatású gáz légköri koncentrációja emelkedett. Az Európai Környezeti Ügynökség (EEA, 2004) tavaly augusztusban közreadott állásfoglalása a szén-dioxid-koncentráció értékét immár 375 ppm-re teszi, ami 95 ppm (34 %) növekedés a természetes értékhez képest. (A ppm - part per million - jelentése milliomodrész. A légkört alkotó ideális gázoknál a térfogatok, egyúttal a molekulák számának arányait tükrözi.) Ha ehhez a többi üvegházgázt is hozzávesszük, akkor a szén-dioxid-egyenértékben kifejezve, az üvegházhatás teljes erősödése 170 ppm. Ebből 61 %-ot okoz maga a szén-dioxid, 19 %-ot a metán, 13 %-ot a halogénezett szénhidrogének, 6 %-ot pedig a dinitrogén-oxid. Emellett egyes, például szulfáttartalmú aeroszolok mennyisége is növekedett, ám ezek megfigyelése a nagy térbeli és időbeli változékonyság miatt sokkal nehezebb.

Egyértelmű az is, hogy kisebb-nagyobb ingadozásokkal a levegő felszínközeli hőmérséklete is emelkedett. A 19. század második felétől napjainkig ez az érték földi átlagban kisebb ingadozásokkal kb.  $0,7 \pm 0,2$  °C fokkal emelkedett. E tendenciát a felszín közelében más paraméterek (hótakaró, a tengeri jég kiterjedése és vastagsága az északi félgömbön, a gleccserek visszahúzódása stb.) idősorai is alátámasztják. Egyre nehezebb kétségbe vonni azt is, hogy a fenti melegedési tendenciában szerepet játszott az emberi hatás. Az IPCC (2001) Jelentésében bemutatott vizsgálat (2a. ábra) szerint sikerült reprodukálni a globális átlaghőmérséklet másfél évszázados alakulását a brit Hadley Központ klímamodelljében, ha ehhez figyelembe vették az összes ismert természetes és antropogén tényező időbeli alakulását.

Az ábrából kiindulva biztosra vettük, hogy a szimuláció sikere egyben annak is bizonyítéka, hogy a modell 3 °C körüli egyensúlyi érzékenysége (vagyis a szén-dioxid-koncentráció megkétszereződése nyomán fellépő melegedés átlagos földi mértéke, a légkör és a többi szféra termodinamikai egyensúlyának teljes beállta után) megfelel a valóságnak.

Csak hogy egy nemrég ismerttetett kísérletsorozat szerint (Stainforth et al., 2005) a modellek érzékenysége ennél esetleg sokkal nagyobb lehet (2b. ábra). A kísérletben a brit Hadley Központ standard légköri cirkulációs modelljében (HadSCM3: 3,75 fok hosszúság és 2,5 fok szerinti bontásban, 19 vertikális szinten) épp a fenti egyensúlyi érzékenység-vizsgálatot végezték el, méghozzá úgy, hogy a felhő- és csapadékfolyamatok paramétereit ésszerű határok között, véletlenszerűen változtatták. Így számszerűsítették annak a bizonytalanságnak a hatását, ami az egzakt fizikai alapossággal nem részletezett, kiegészítő

megoldásokban (az ún. parametrizációkban) és a kezdeti állapotok lehetséges eltérései miatti nemlineáris viselkedésben mindig jelen van. Százötven ország 95 ezer pihenő mikroszámítógépét tudták így felhasználni, összesen nyolcezer évnnyi számítógépidő erejéig.

Rátéekintve az érzékenység gyakorisági eloszlását bemutató 2b. ábrára, három dolog tűnik szembe: (1) Valóban a 3 Celsius fok körüli érzékenység uralja az eloszlást. (2) Egyetlen becslés sem esett 1,5 °C alá a hatvanezerből. (3) Eközben jelentős a 6-8 °C-os érzékenység aránya, sőt egyszázalékos gyakorisággal előfordulnak 10 °C-ot meghaladó értékek is.

Ugyanakkor a nagy érzékenység feltételezésének ellentmond, hogy 2a. ábrán a múlt változásait a 3 °C körüli értékkel tudtuk jól reprodukálni. Az ennél nagyobb érzékenységhez meredekebb melegedésnek kellett volna tartoznia, legalábbis az utóbbi néhány évtizedben. Ha csak valami más, eddig ismeretlen folyamat vissza nem fogta a melegedést...

Pedig lehet, hogy van ilyen folyamat! Az újabban global dimming-nek (földi léptékű homályosodásnak) nevezett jelenség szerint az 1960-as évektől kezdődően föld átlagban 7-10 Wm<sup>-2</sup>-rel csökkent a felszínre érkező napsugárzás (Stanhill - Cohen, 2001). Ennek valószínűleg kisebb részéért közvetlenül a légkörbe jutó aeroszolok szórása a felelős, míg a nagyobb hányad azzal függhet össze, hogy a meleg felhőkben az aeroszolok felszaporodása módosítja a cseppek szerkezetét. A felszínre érkező sugárzás gyengülését alátámasztja az is, hogy sok térségben csökkent a vízfelszín párolgása (Roderick - Farquhar, 2002).

A legújabb megfigyelések azonban arra engednek következtetni, hogy az 1990-es évek elején megállt a homályosodás folyamata (Wild et al., 2005), sőt a legutóbbi évtizedet már globálisan tisztuló légkör jellemzi. Ha pedig ez így van, akkor nehéz elképzelni, hogy a 3 °C-nál sokkal nagyobb legyen a tényleges éghajlati rendszer érzékenysége. (Más kérdés, hogy az aeroszolok egyébként örvendetes csökkenése egyben tovább erősíti a felmelegedést is.)

Alig egy éve még egy másik biztonsági kockázat foglalkoztatta az éghajlat kutatóit és a közvéleményt a sajtóban közzétett Pentagon-jelentés (Schwartz - Randall, 2003) és a Holnapután című film nyomán. Arról az elméleti lehetőségről van szó, hogy az ún. óceáni szállítószalag (Broecker, 1987; Czelnai R., 1999) leállása nyomán a Föld éghajlata a melegedésből egyszerre csak lehülésbe, esetleg jégkorszakba fordulhat.

Bár ilyen horderejű kérdésnél különösen szükséges megvárni, amíg a vizsgálatokat több műhelyben is elvégzik, néhány újabb vizsgálat nyomán megkockáztatjuk, hogy a jégkorszak bekövetkezése ma kevésbé valószínű, mint ahogy ezt egy évvel ezelőtt gondoltuk. Eddig ugyanis egyik klímamodell sem mutatott teljes leállást a melegedéssel párhuzamosan. Továbbá nem tudjuk, hogy a tízezer évnél régebbi korokban, amikor a pár száz év alatti többfokos felmelegedésekkel és lehülésekkel párhuzamosan gyakran volt a mainál sokkal gyengébb az áramlás, a vízkörzés gyengülése oka vagy éppenséggel következménye volt-e a változásoknak. Végül, egy olyan kísérletben, ahol mesterségesen "kapcsolták ki" a hőszállítást (Wood et al., 2003), a jelen éghajlathoz képest ugyan 10 °C-ot meghaladó lehülés alakul ki az Atlanti-óceán északi medencéiben, ám a kontinenseken a csökkenés jóval kisebb: Közép-Európában például csak 2-3 °C. Amikor pedig az óceáni szállítást a fokozódó melegedéssel párhuzamosan "kapcsolták ki" (2c. ábra), akkor a mainál hidegebb klíma az Atlanti-óceán térségére korlátozódott. Eközben a szárazföldrök felett az üvegházhatás fokozódása miatti melegedés hatása erősebb volt, mint a szállítószalag leállása miatti lehülés!

A globális változás előjelének és nagyságrendjének megítélésénél jóval nagyobb a bizonytalanság abban a kérdésben, hogy miként alakul egy-egy térség éghajlata a felmelegedéssel párhuzamosan. A globális klímamodellek ugyanis ma még nem képesek az időjárás számos képződményének egzakt fizikai leírására. Amíg a klímamodellek felbontása legalább egy nagyságrendet nem javul, addig egy-egy térség várható változásait több modell egybekapcsolásával és empirikus kapcsolatkereséssel is vizsgálnunk kell. Az előbbi eljárás lényege, hogy a korlátozott felbontású, globális modellek eredményeit finomabb, ún. beágyazott modellekkel tovább részletezi. E szimbiózis nyomán legalább a számunkra fontos térségben a napi időjárás-prognózisokban is használt léptékig csökkenthető a szimulált légköri képződmények alsó mérethatára. Az utóbbi eljárás a modellek hiteles (kb. kontinensnyi) léptékét empirikusan kapcsolja az egyidejű helyi változásokhoz, feltételezve, hogy a térbeli léptékek közötti múltbeli kapcsolatok a jövőben is fennmaradnak.

Hazánk térségére az utóbbi eljárás - statisztikai becslésekből, valamint az eredeti klímamodellek eredményeiből kiválasztott, kilencféle eljárás alapján - a legtöbb vonatkozásban hasonló eredményre vezetett (Mika, 2005). Különösen fontos, hogy a nyári fél évben eredményei a globális melegedés kezdeti, pár évtizedig tartó érvényén belül valamennyi eljárás a hőmérséklet emelkedését, továbbá a csapadék és a felhőzet csökkenését állapította meg. Az év hideg felében a csapadék és a felhőzet a globális melegedéssel kismértékben növekszik.

A csapadék évi összegének alakulása (2d. ábra) a nemlineáris viselkedés szép példája. A melegedés kezdeti 1-1,5 °C-os értékeihez az évi átlagos csapadékösszeg egyértelmű csökkenése tartozik. A mélypontot az energia- és vízmérleg-becslés szerinti 140 mm-es csökkenés jelenti, míg nagyobb melegedés esetében felhasznált közelítések mindegyike már inkább csapadék-növekedést valószínűsít. Sőt, a 4 °C melegedéshez tartozó paleoklíma-rekonstrukciók már 40-400 mm csapadéktöbbletet mutatnak hazánk térségére.

A klímamodellek jelentős fejlődésének bekövetkeztéig a fenti, egyszerű módszerekkel készült becsléseket első közelítésnek, az éghajlati hatásvizsgálatokat orientáló információminimumnak tekinthetjük.

### **Szaporodó szélsőségek?**

A globális melegedés kapcsán egyértelművé vált, hogy ha az emberi társadalmakra és a különböző ökoszisztémákra az átlaghőmérsékletek eltolódása hatással van, akkor a szélsőséges klimatikus események gyakoriság-változásának akár hatványozott következményei is lehetnek e rendszerekre. Ennek jegyében került sor 1997-ben az Éghajlati extrémumok indexei és indikátorai című konferenciára (Karl et al., 1999), melynek fő témája az éghajlati szélsőségek nagytérségű változékonyságának vagy tendenciáinak vizsgálatára legalkalmasabb extrémindexek kijelölése.

Ehhez kapcsolódva elemeztük (Bartholy - Pongrácz, 2004, 2005) a fenti konferencia kezdeményezésére létrejött globális és európai egyesített adatbázisokon végzett kutatások eredményeit. Összehasonlítottuk a napi csapadék extrémindexeinek tendenciáit, és paraméterenként kiemeltük az általános trendektől eltérő térségeket. Hasonló módszertannal a Kárpát-medencére is létrehoztunk egy adatbázist, s az európai vizsgálatok eredményeivel összevetettük a regionális tendenciákat.

A Meteorológiai Világszervezet extrémindex munkacsoportjának állásfoglalása nyomán mind a globális, mind az Európára vonatkozó vizsgálatoknál a rácspontokra interpolált térképes megjelenítést elvetettük, hiszen egy-egy régió extrém viselkedése (például: kisebb területek árvizei, aszályai, hőhullámok, kisebb térségekre vonatkozó nagy hidegek) az interpoláció alkalmazásával eltűnhetne. A többéves nemzetközi kutatómunkának globális és Európára vonatkozó átfogó eredményei először 2002-2003-ban jelentek meg, melyek során 12 csapadék- és 17 hőmérsékleti extrémindexre készültek elemzések (Klein Tank - Können, 2003). A Kárpát-medence csapadék-extrémindex analíziséhez használt 31 hazai és külföldi állomás válogatásánál két szempontot vettünk figyelembe: teljesüljön a domborzati és éghajlati homogenitási viszonyokhoz igazodó egyenletes területi lefedettség, valamint a kiválasztott idősorokban lehetőleg minimális legyen az adathiány.

A 20. század második felének két részidőszakára végeztünk összehasonlító elemzéseket a Kárpát-medencére és Európára, melyek közül a négy legfontosabb extrém-csapadékindex trendjeinek területi eloszlását a 3. ábrán mutatjuk be. Az állomásokra meghatározott évtizedes skálájú trendegyütthatók előjele és nagysága alapján a trendek szerkezeti képét vázoljuk a kis térképeken. A teljesen homogén mezőknél a térkép közepére helyezett egyetlen előjel mutatja a változás irányát, a komplexebb esetekben kettő, illetve négy jel utal a regionális trendek területi elhelyezkedésére.

A térképeken megjelenített előjelű változások mértékét a térkép alatti három kategóriával (gyenge, közepes, erős) jeleztük. Előzetes vizsgálatok szerint (IPCC, 2001) a 20. század utolsó negyedének tendenciái mind a csapadék, mind a hőmérséklet esetén jelentősen eltérnek az évszázados trendektől. Ezért választottuk vizsgálatunk két célidőszakának az 1946-2001 és az 1976-2001 közötti periódust.

A 3. ábra térképein látható, hogy kevés olyan extrém-csapadékindex van, ahol mindkét időszakban egységesen pozitív vagy negatív tendencia jelenik meg mind a két térségben. Mégis egyértelműen megfigyelhető, hogy a Kárpát-medencében az utolsó negyedszázadban a csapadék-extremitási tendencia nőtt, különösen a csapadékintenzitás, a nagy csapadékok évi aránya, az extrém csapadékú napok évi száma és a nagyon csapadékos napok száma paraméterek esetén. Szembetűnő az egész Kárpát-medencét jellemző egyöntetű, erős pozitív trend. A többi vizsgálati eredményt is figyelembe véve elmondhatjuk, hogy bár a század negyedik negyedében kevesebb napon és összességében is kisebb mennyiségű csapadék hullott, mint korábban, mégis a csapadékos napokon az ún. nagy csapadékok aránya jelentős mértékben megnövekedett. További elemzések szükségesek mind több állomás adatainak bevonásával, valamint komplexebb klímaindexek kellenek ahhoz, hogy mind pontosabban tudjunk értékelni a már bekövetkezett változásokat, s ezek alapján a jövőbe is tekinthessünk.

## **Epilógus**

Visszatérve a címbeli hasonlathoz, ha az éghajlatot mindenképpen az óceánhoz próbáljuk hasonlítani, akkor helyesebb az időjárást a tenger hullámainak tekinteni. A hullám-óceán analógiapár érzékeltetni tudja azt a viszonyulást is, amelyben az időjárás mint rész méretben sokkal közelebb áll az éghajlathoz mint egészhez.

Ám egy-egy nagy hullám láttán azért ne gondoljuk, hogy több lett a víz a tengerben. Megfordítva, nem lesznek nagyobbak a hullámok önmagában attól sem, ha a tenger átlagos szintje emelkedik. Csakhogy amint ezt a parthoz, azaz régi időjárási és éghajlati átlagos és

extrém értékeinkhez viszonyítjuk, azokhoz képest a változás már egy-egy hullám esetében is szembetűnő lehet.

A kötet további tematikus írásai arról szólnak, hogy - párhuzamosan a víz átlagos szintjének (az éghajlatnak) lehetőség szerinti megőrzésével - hogyan kellene alakítanunk a part vonalát (felkészültségünket, szokásainkat) annak érdekében, hogy hozzá képest a hullámok (az időjárás) magassága és kártételei minél kisebbek legyenek.

---

Kulcsszavak: globális felmelegedés, jégkorszak, globális homályosodás, Kárpát-medence, extrém nagy csapadékok

---

## **Irodalom**

Allen, Myles - Kettleborough, Jamie - Stainforth, David (2003): Model Error in Weather and Climate Forecasting. Proceedings of the 2002 ECMWF Predictability Seminar, European Centre for Medium Range Weather Forecasting, Reading, UK. 275-294.

Bartholy Judit - Pongrácz R. - Matyasovszky I. - Schlanger V. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. AGRO-21 Füzetek. 33. 1-18.

Bartholy Judit - Pongrácz Rita (2005): Tendencies of Extreme Climate Indices Based on Daily Precipitation in the Carpathian Basin for the 20th Century. Időjárás. 109, 1-20.

Broecker, Wallace S. (1987): The Biggest Chill. Natural History Magazine. 97, 74-82.

Czelnai Rudolf (1999): Világóceán. Modern fizikai oceanográfia. Vince, Budapest

EEA (2004): Impacts of Europe's Changing Climate, An Indicator-Based Assessment. Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-9167-692-6

Götz Gusztáv (2004): A klímaprobléma tudományos alapjai. In: Mika János (szerk.) Klímaváltozás, hazai hatások. Természet Világa Különszám, 8-12.

IPCC - Houghton John T. et al. (eds.) (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change, Cambridge University. Press, Cambridge, UK. Karl Thomas R. - Nicholls N. - Ghazi A. (1999): Clivar/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. Climatic Change. 42, 3-7.

Klein Tank, Albert M. G. - Können, Günther P. (2003): Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. Journal of Climate. 16, 3665-3608.

Linnerooth-Bayer, Joanne - Mace, M. J. - Verheyen, R. - Compton, K. (2003): Insurance-related Actions and Risk Assessment in the context of the UNFCCC. Background paper for UNFCCC Workshop, May 2003.

Lorenz, Ed N. (1982): Atmospheric Predictability Experiments with a Large Numerical Model. *Tellus*. 34, 505-513.

Mika János (2005): Klímaváltozás itthon és külföldön: két IPCC Jelentés között. *Földtani Kutatás*. XLI. 3-4. 69-78.

Roderick, Michael L. - Farquhar, Graham D. (2002): The Cause of Decreased Pan Evaporation Over the Past 50 Years, *Science*. 298, 5597, 1410-1411.

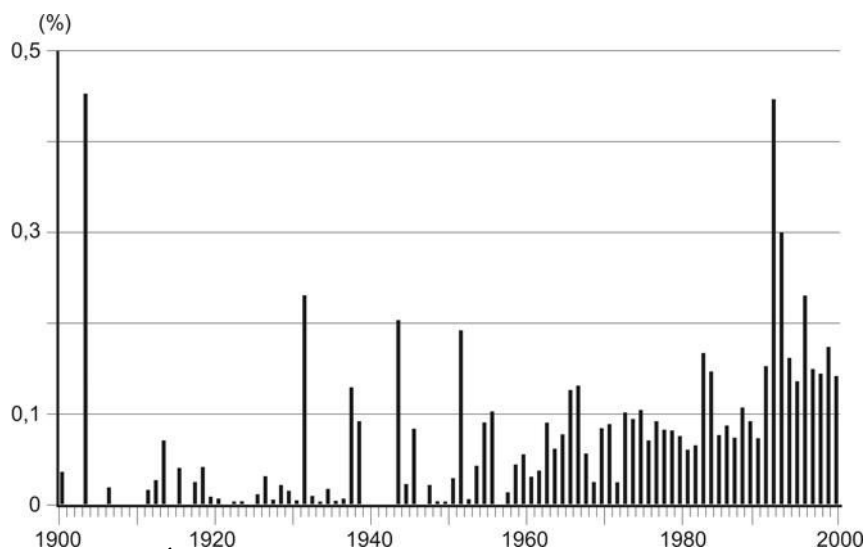
Schwartz Peter - Randall, Dough (2003): An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National Security.

Stainforth, David A. et al. (2005): Uncertainty in Predictions of the Climate Response to Rising Levels of Greenhouse Gases. *Nature*. 433, 403-406.

Stanhill, Gerald - Cohen, Shabtai (2001): Global Dimming: A Review of the Evidence for a Widespread and Significant Reduction in Global Radiation with Discussion of Its Probable Causes and Possible Agricultural Consequences. *Agricultural and Forest Meteorology*. 107, 255-278.

Wild, Martin - Gilgen, H. - Roesch, A. - Ohmura, A. - Long, Ch. N. - Dutton, E. G. - Forgan, B. - Kallis, A. - Russak, V. - Tsvetkov, A. (2005): From Dimming to Brightening: Decadal Changes in Solar Radiation at Earth's Surface. *Science*. 308. 5723, 6 May 2005, 847-850.

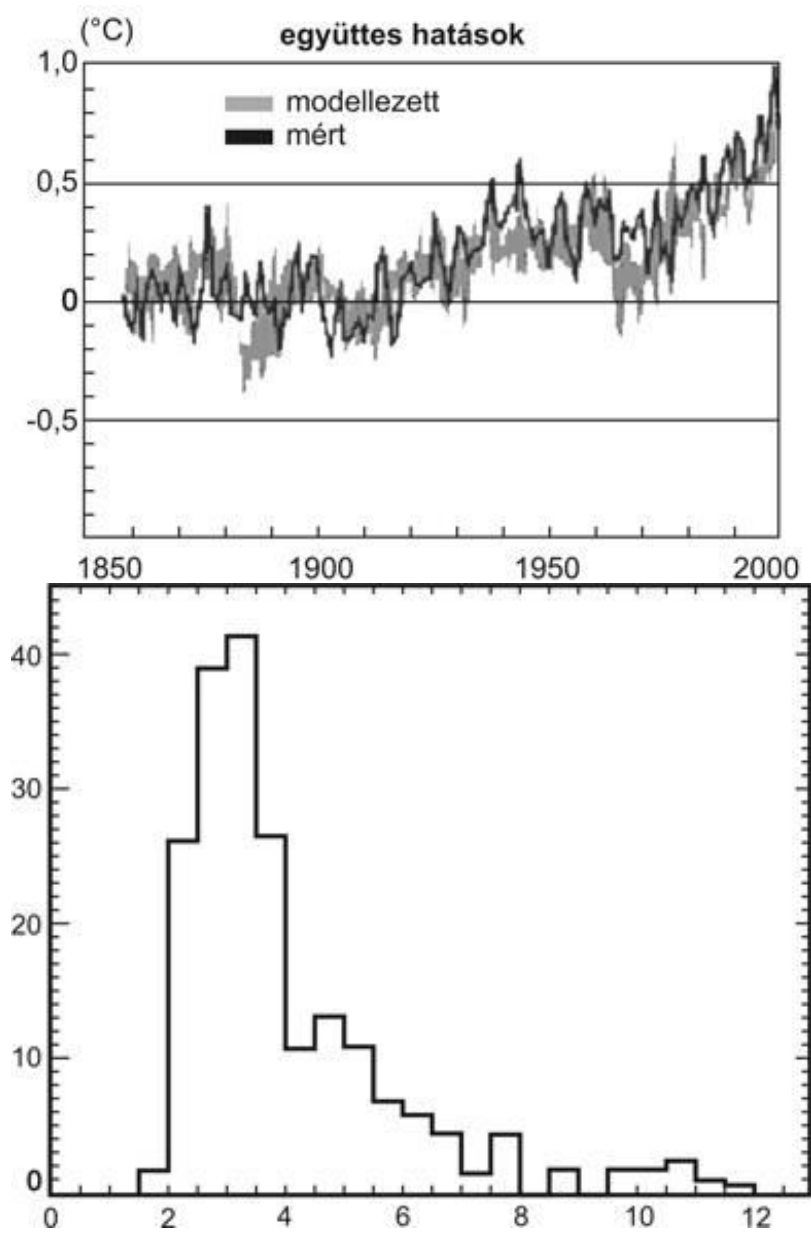
Wood, Richard A. - Vellinga, M. -Thorpe, R. (2003): Global Warming and THC stability. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 361,1961-1976.



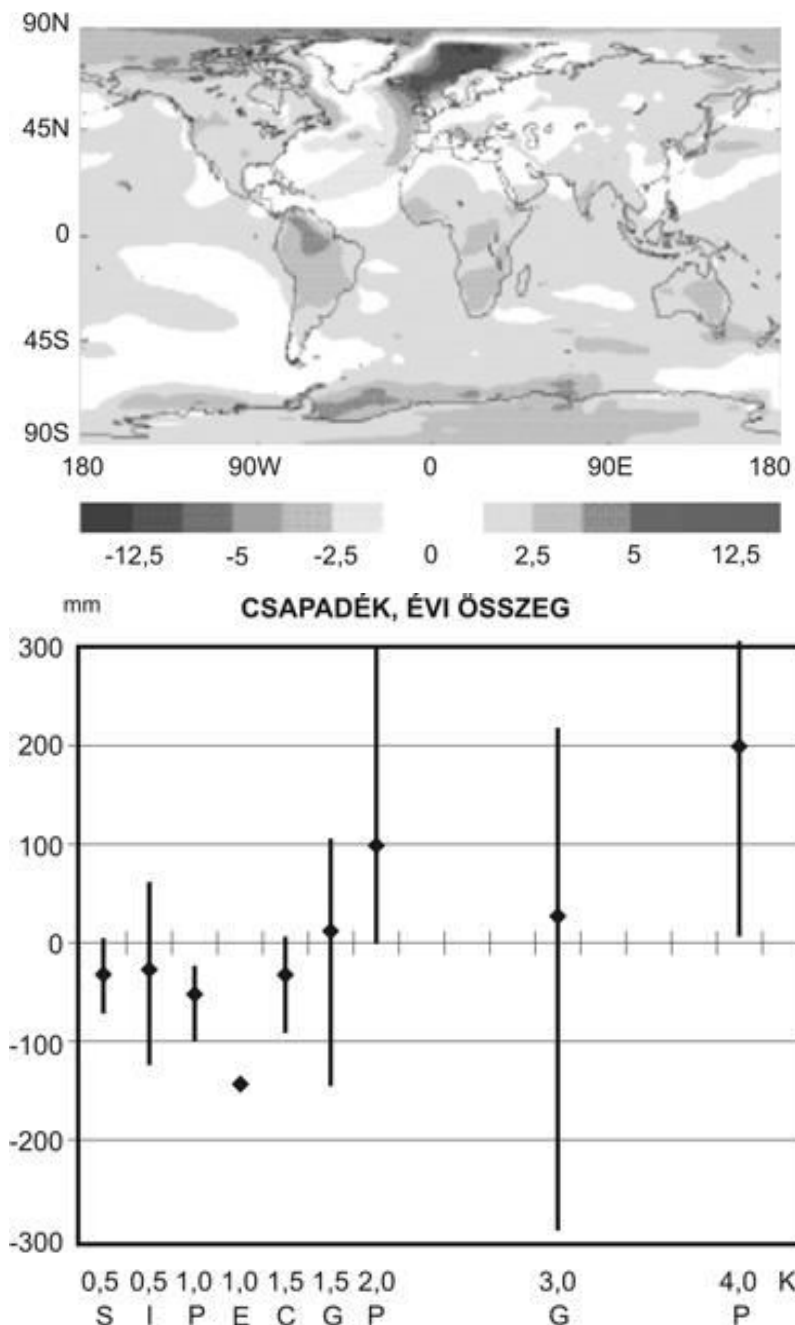
1. ábra \* Éghajlati katasztrófák okozta károk a világ bruttó nemzeti termékéhez viszonyítva (Forrás: Linnerooth-Bayer, 2003). A 20. század második felében jelentős

mértékben növekedtek az "éghajlati katasztrófák" okozta károk, még akkor is, ha a világ bruttó nemzeti termékének százalékos értékeihez viszonyítjuk

---

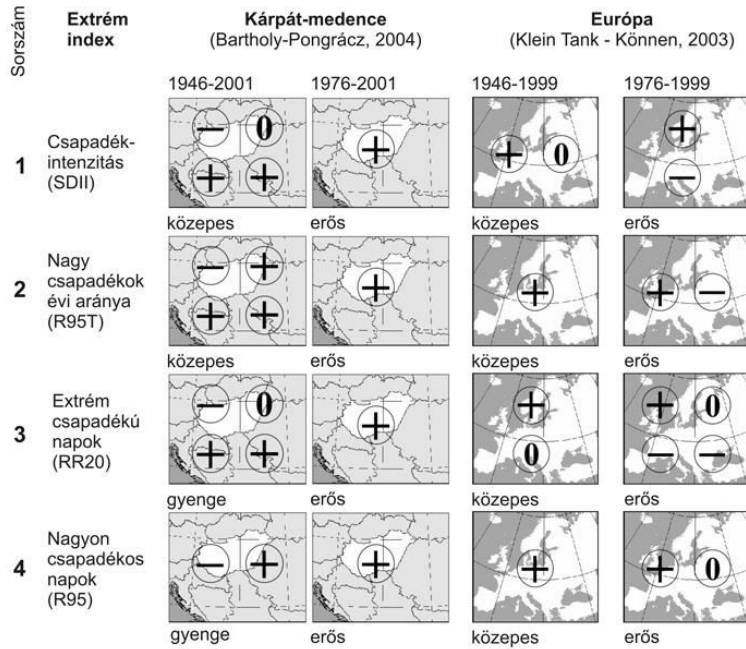






2. ábra \* Adalékok a globális és a regionális klímaváltozás problémaköréhez: a) az utóbbi százötven év globális hőmérsékletének szimulációja a brit Hadley Központ kapcsolt óceán-légkör modelljében (IPCC, 2001); b) a szén-dioxid-duplázódással szembeni egyensúlyi érzékenység ( $^{\circ}\text{C}$ ) eloszlása a fenti modell légkörre korlátozódó változata (HadSCM3) parametrizációinak és kezdeti állapotainak kombinációjából képzett, hatvanezer szimuláció eredményeként (Stainforth et al., 2005); c) a hőmérsékletváltozás eloszlása a Földön 2049-re a Hadley Központ kapcsolt óceán-légkör modelljében, ha a melegedéssel párhuzamosan mesterségesen leállítják az óceáni cirkuláció észak-atlanti ágát (Wood et al., 2003); d) a csapadék éves összegének Magyarországon várható változásai és a becslések bizonytalanságai (mm/év) kilenc különböző eljárás eredményeként. (A vízszintes tengely számai a globális változás Celsius fokban kifejezett mértékére, míg a kezdőbetűk az eljárás jellegére utalnak: S és I - statisztikus kapcsolat helyi és félglobális változások között; P -

paleoklíma analógok; E és C - helyi energia- és vízmérleg-modell, illetve cirkulációs alapú, statisztikus leskálázás; G - általános cirkulációs modell.)



3. ábra \* Az extrém csapadékindexek trendjeinek összefoglalása a Kárpát-medencére (Bartholy - Pongrácz, 2004) és Európára (Klein Tank - Können, 2003) végzett vizsgálatok alapján, az 1946-2001 és az 1976-2001 időszakokra

**Bartholy Judit** tanszékvezető egyetemi tanár ELTE Meteorológiai Tanszék - bari @ ludens.elte.hu

**Mika János** vezető főtanácsos, OMSz - mika.j @ met.hu