

Az éghajlatváltozás jövőben várható hatásai a Kárpát medencében

regionális éghajlati modelleredmények alapján

Szépszó Gabriella (szepszo.g@met.hu),
Kovács Mária, Krüzselyi Iлона, Szabó Péter

Országos Meteorológiai Szolgálat
Éghajlati Osztály, Klímamodellező Csoport



Klímaváltozás – miről fecseg a felszín és miről hallgat a mély?
2012. március 21.

TARTALOM

1. Motiváció
2. Éghajlati modellezés
3. Eredmények
4. Összefoglalás

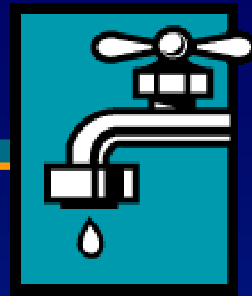
TARTALOM

- 1. Motiváció**
- 2. Éghajlati modellezés**
- 3. Eredmények**
- 4. Összefoglalás**

Motiváció

- Szeretnénk ismerni, kiszámítani a jövőt
- Napjaink fontos környezeti, gazdasági és társadalmi problémája az éghajlatváltozás – DE!
- A témára adott gyakori reflexiók:
 - Igaz, hogy a jegesmedvék élettere idővel beszűkül, de ez nem a mi problémánk
 - Igaz, hogy VAN éghajlatváltozás, ami a Föld számos régiójában komoly hatással lesz, de a mi országunkat ez nem érinti
 - SEJTJÜK, meleg és szárazság várható a Kárpát-medencében a 21. században, és erre készülünk

Tények



- Mindenki „ért” az éghajlatváltozáshoz, mégis sok a pontatlan és rossz állítás a médiában és másutt



Adott évszak jellemzői alapján következtetést vonnak le a klímaváltozásról (pl. idei enyhe és zord tél)

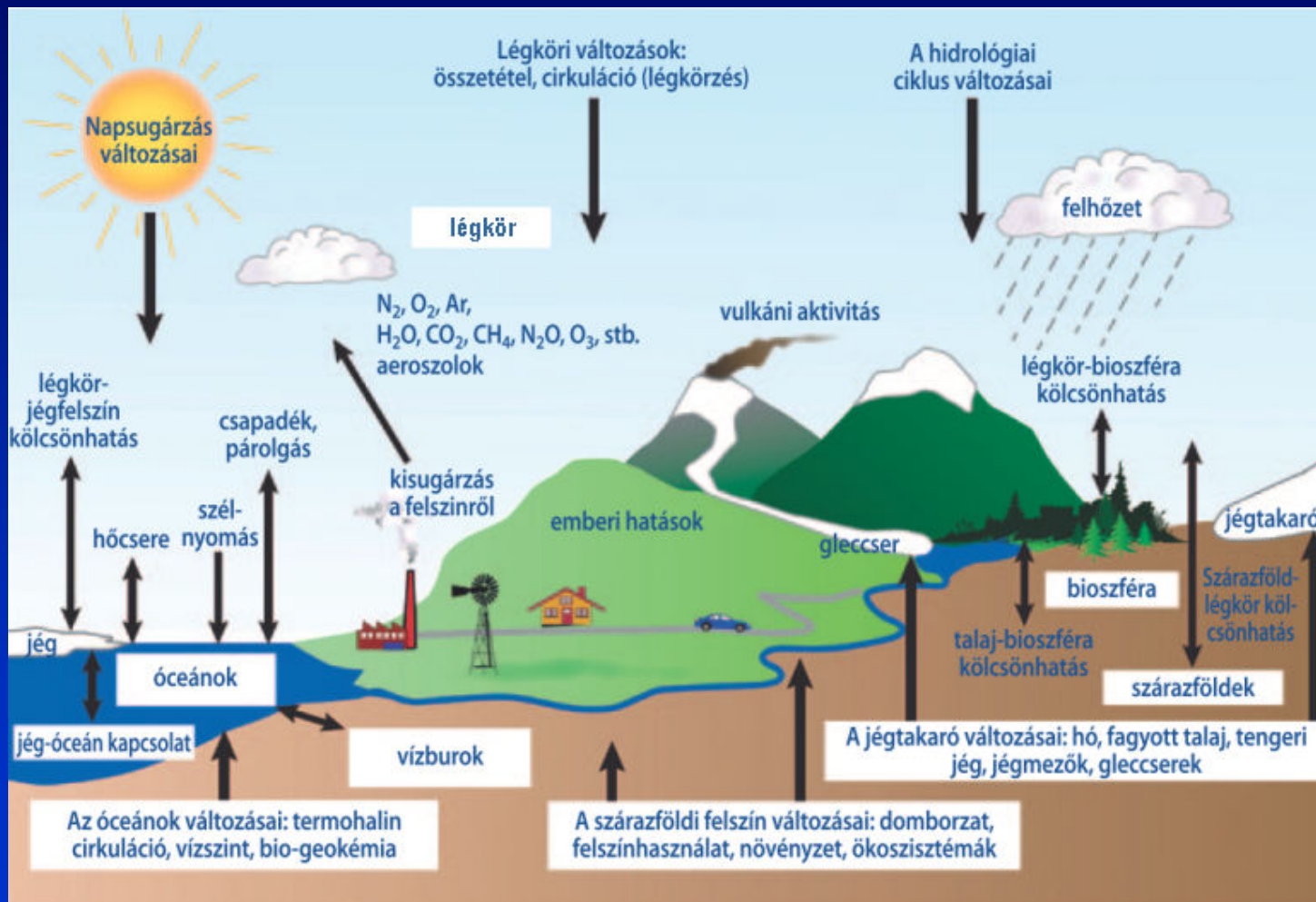
- Magyarországon még mindig úgy beszélnek az éghajlatváltozás hatásairól és a felkészülésről, hogy nem foglalkoznak a változások pontos irányával és mértékével (VAHAVA)
- Az éghajlat jövőbeli változásának becslésére egyedüli út a modellezés (spekulatív megközelítéshez a rendszer túl bonyolult)



TARTALOM

1. Motiváció
2. Éghajlati modellezés
3. Eredmények
4. Összefoglalás

Az éghajlati rendszer elemei



Hogyan lehet leírni az éghajlati rendszer fejlődését? Modellezéssel!

Mi a modell?

Modell: a valóság egyszerűsített vagy idealizált mása



Cél: a folyamatok megértése, gyakorlati kipróbálása

A meteorológiai modell célja: a valóságot (időjárást, éghajlatot)

- megismerni
- leírni
- előrejelezni

Éghajlati modellezés – dióhéjban

- Az éghajlati rendszer, illetve a rendszer összetevőinek tanulmányozására, s az összetevők közötti kölcsönhatások elemzésére
- Egyetlen válaszadási lehetőség a kérdésre: miként reagál az éghajlat egy feltételezett kényszerre?
- Fizikai törvények minden összetevő és kölcsönhatás esetében
- Matematikai egyenletrendszer + kezdeti és peremfeltételek – numerikus megoldás

Miről is van szó?

- Milyen fizikai törvények kormányozzák a rendszert?
- Milyen matematikai egyenletrendszerrel van itt szó?
- Mit jelent az, hogy kezdeti és határfeltételekre van szükség?
- Hogyan kell elképzelni a numerikus megoldást?
- Milyen feltételezett kényszerekről van szó, és miért feltételezettek?

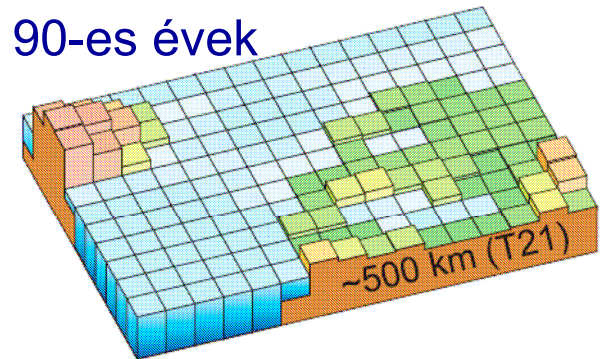
A modellezés háttere

- Bonyolult egyenletrendszer, mely az állapothatározók időbeli fejlődését írja le
- A jövőbeli állapot leírásához ismerni kell a kiindulási állapotot – éghajlati kezdeti feltétel
- Megoldás: csak közelítő (numerikus) módszerekkel lehetséges !
- Milyen közelítéseket alkalmazunk?
- Például: a Földet egy 3-dimenziós ráccsal fedjük le – felbontás

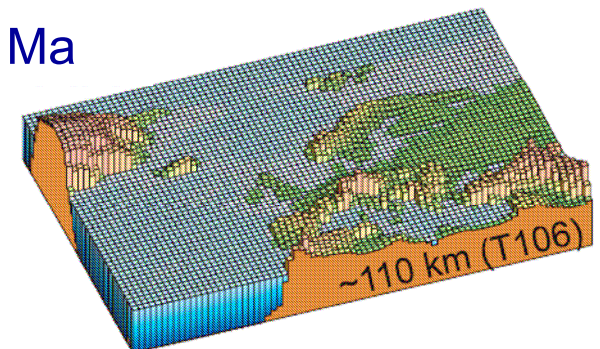
Légkör:

- ✓ Energia-megmaradás (hőmérséklet)
- ✓ Tömeg-megmaradás (légnyomás)
- ✓ Nedvesség tömeg-megmaradása (nedvesség)
- ✓ Newton II. törvénye: mozgásegyenletek (áramlási sebesség)...

90-es évek



Ma



Milyen hosszú időre lehet előrejelezni?

Időjárás

Légkör – gyorsan változik –
előrejelezhetőség határa **néhány hét**

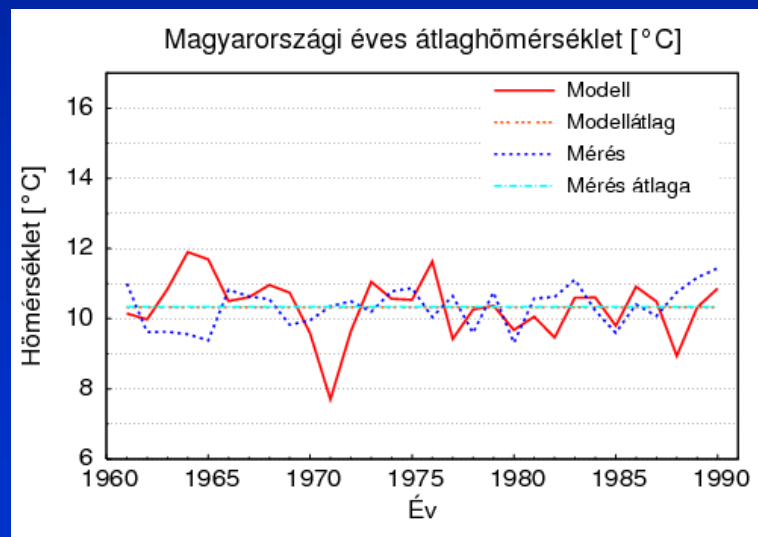
Előrejelzés: „pontos” időbeli és térbeli
leírás



Éghajlat

Teljes éghajlati rendszer – lassú
változások

Előrejelzés: nem pillanatnyi
állapot → **szokásos viselkedés**

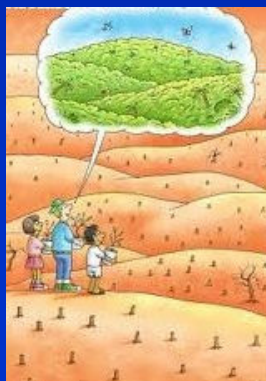
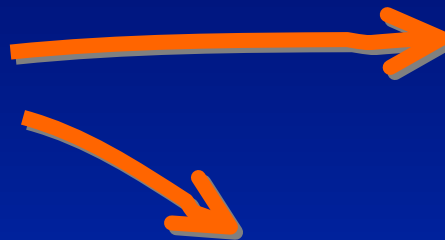


Az éghajlati modellek alkalmazása

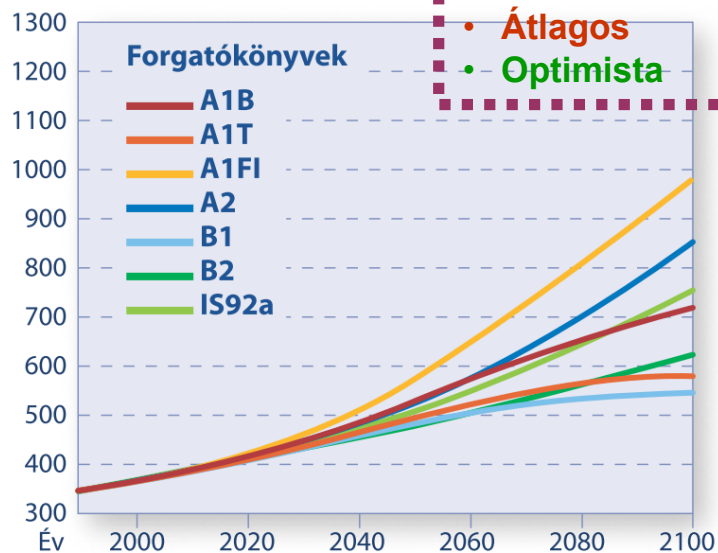
1. Múltra vonatkozó tesztelés – az eredmények összehasonlítása a múltbeli megfigyelésekkel
2. Elvárt pontosság: az éghajlat átlagos jellemzőinek visszatükrözése több évtizedes (30-éves) skálán – egy éghajlati szimuláció akkor is lehet „tökéletes”, ha közben egyetlen időjárási eseményt sem jelzett előre
3. Modellfejlesztés a feltérképezett gyengeségek alapján
4. Jövőre vonatkozó projekciók – **feltételes prognózisok**: forgatókönyvek az emberi tevékenység alakulására

Az emberi tevékenység figyelembevétele

- Melyek azok az emberi tevékenységek, amelyek hatással vannak az éghajlati rendszerre?
- Mik azok a forgatókönyvek?
- Miért van rájuk szükség?
- Miért beszélünk mindig a szén-dioxidról?

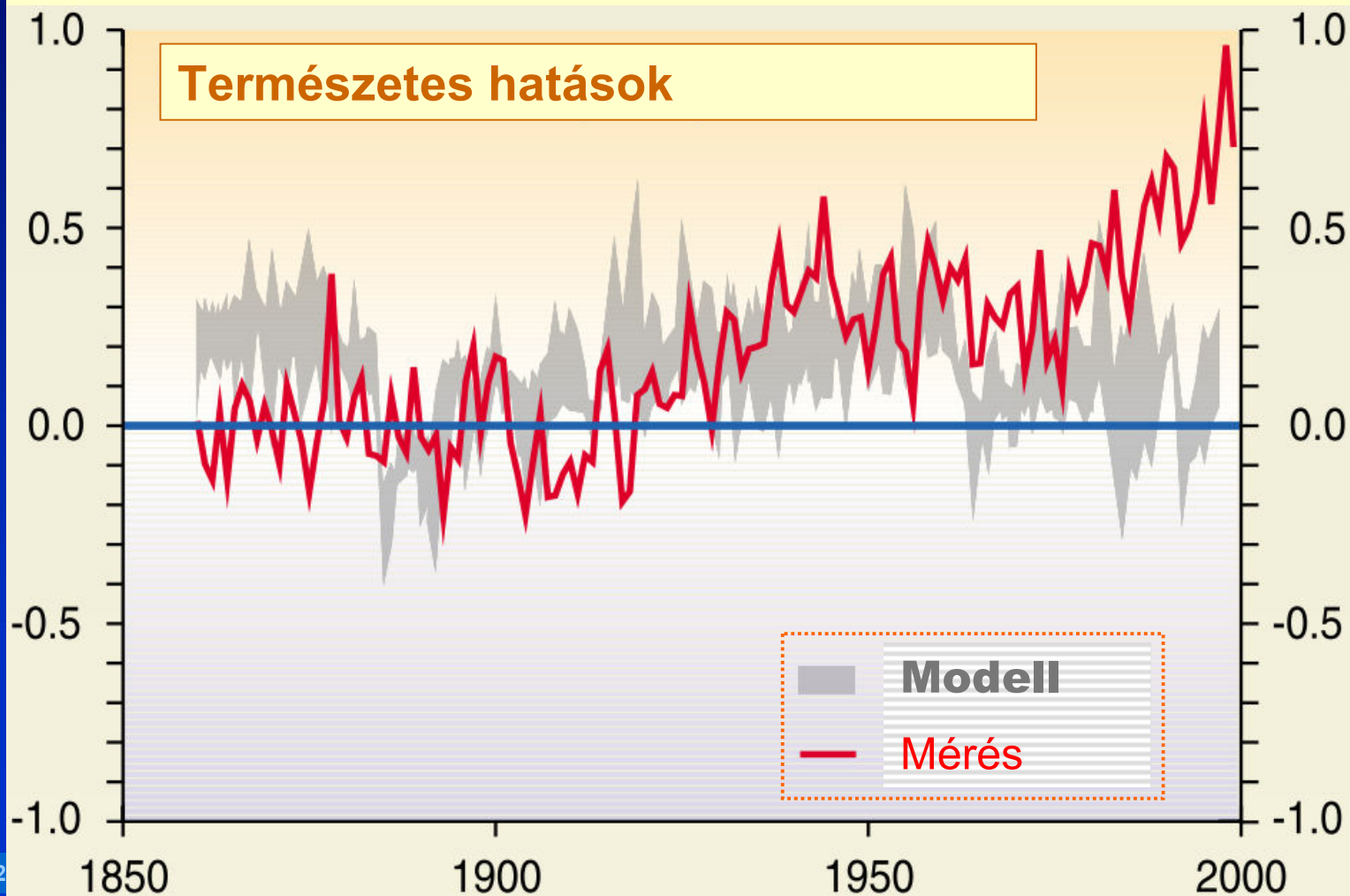


CO₂ koncentráció (ppm)



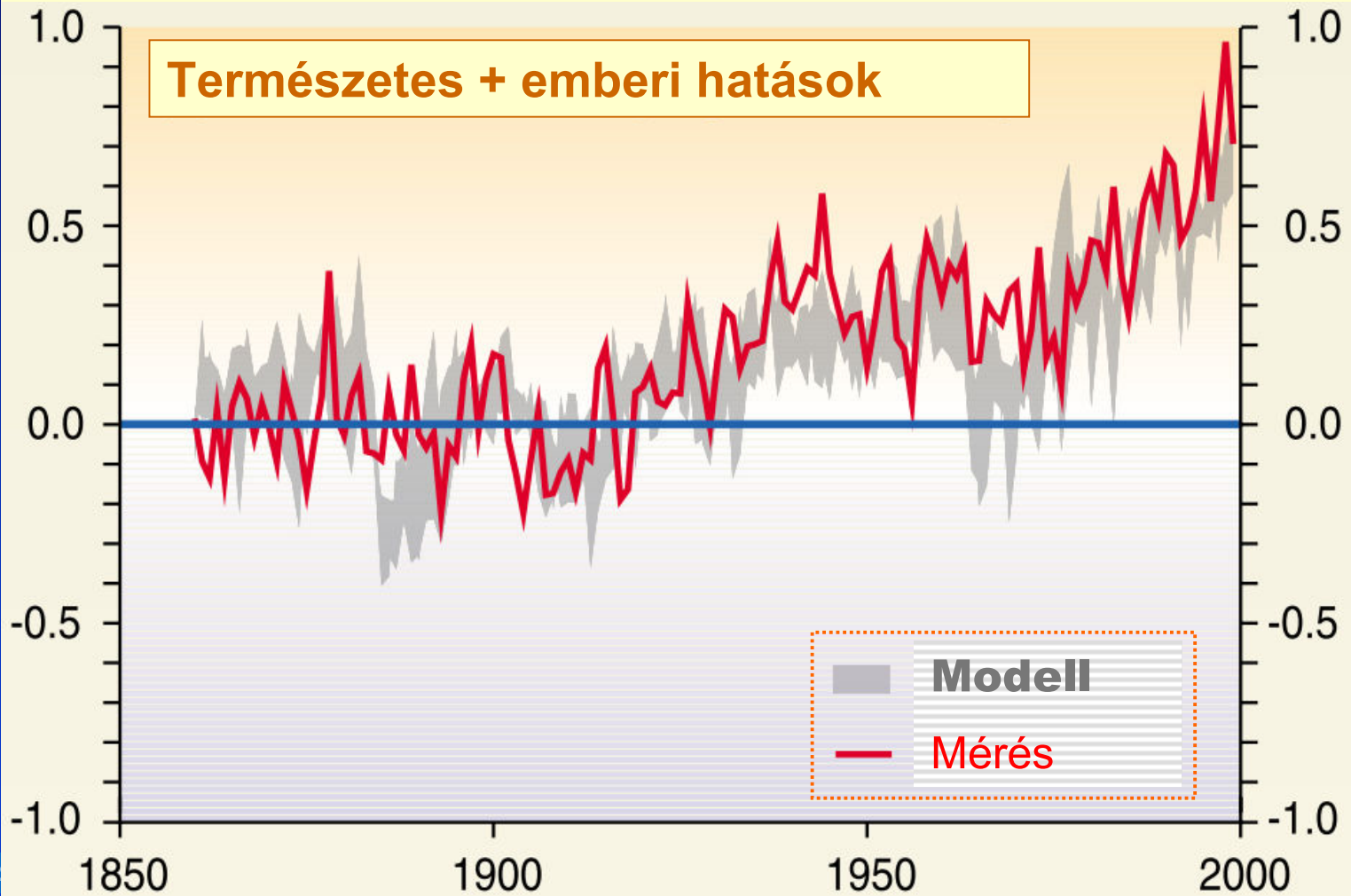
Az emberi tevékenységnek valóban van hatása?

Globális átlaghőmérséklet változása [°C]



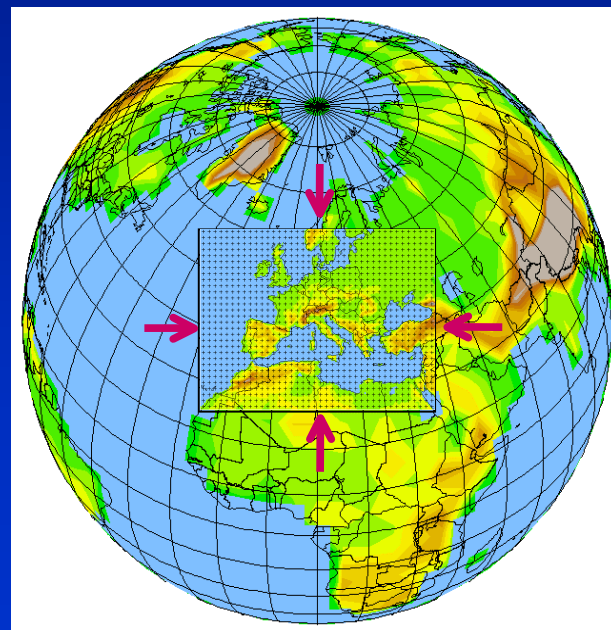
Az emberi tevékenységnek valóban van hatása?

Globális átlaghőmérséklet változása [°C]



Felbontás és regionális sajátosságok

- Globális modellek: 250-100 km-es rácssűrűség – Magyarország fölött néhány pont
- A regionális éghajlatváltozás iránya ellentétes lehet a globális tendenciákkal
- Globális információ finomítása regionális éghajlati modellekkel:
 - Kisebb terület – finomabb felbontás: 10-25 km
 - Fizikai folyamatok és felszíni jellemzők pontosabb leírása
 - Globális folyamatok – határfeltételeken keresztül

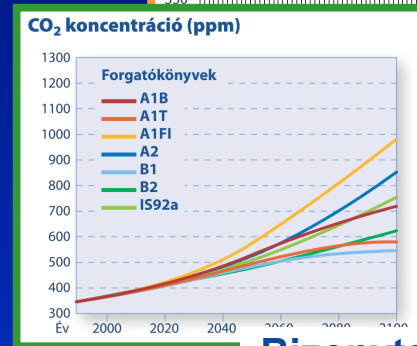
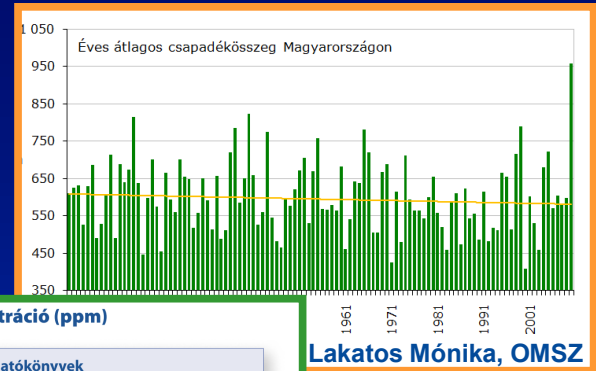


Bizonytalanságok

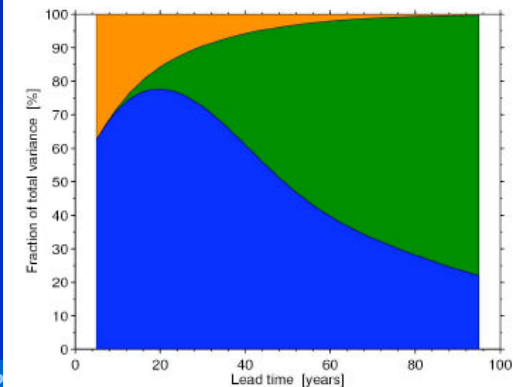
Különböző forrásból származó bizonytalanságok a szimulációkban:

1. Természetes változékonyság
2. Modellek eltéréseiből eredő bizonytalanság
3. Emberi tevékenység bizonytalansága

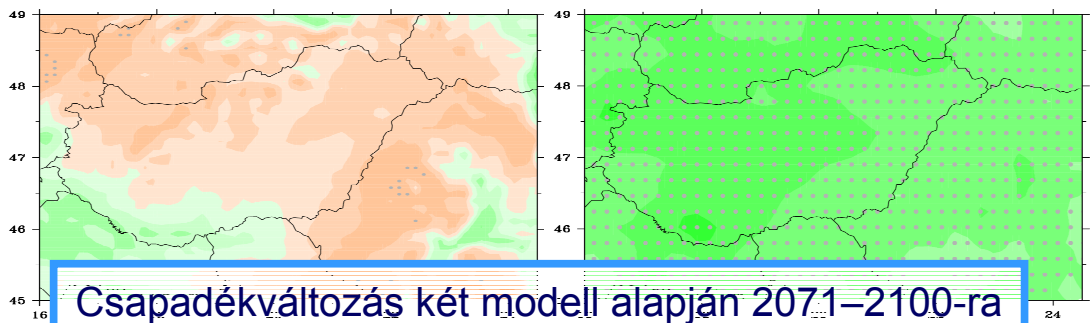
Számszerűsítés: több modellkísérlet



Bizonytalanságok aránya
(Globális átlaghőmérséklet)



Hawkins & Sutton, 2009, BAMS



at a mély?

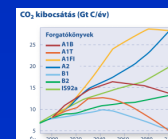
Bizonytalanságok figyelembevétele

- A különböző forrásból származó bizonytalanságok számszerűsítése: több modellkísérlet együttes kiértékelése
- Az OMSZ-ban végzett kutatások két adaptált modellel:

Modell	Felbontás	Forgatókönyv	Időszakok
ALADIN	10 km	A1B	1961–2100
REMO	25 km	A1B	1951–2100

- További vizsgálatok európai modelleredmények felhasználásával

„Optimisták” vagyunk



TARTALOM

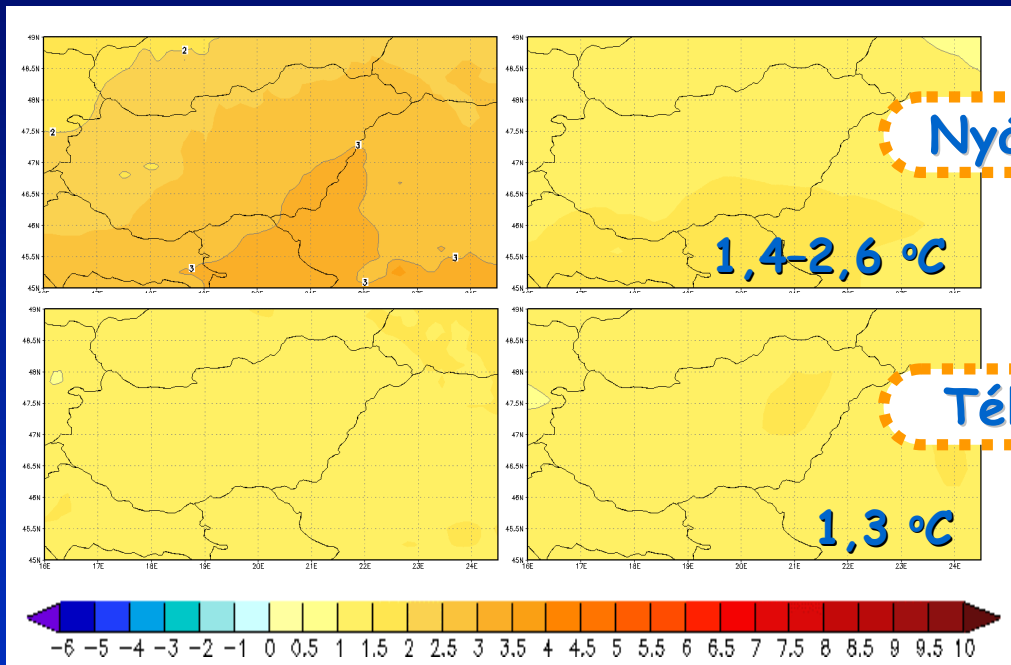
1. Motiváció
2. Éghajlati modellezés
3. Eredmények
4. Összefoglalás

Milyen változásokra számítunk hazánkban?

1. Hogyan változik az átlaghőmérséklet a jövőben?
2. Várhatóan hogyan alakul a jövőben az éves csapadék mennyisége? Kell-e számítanunk az éven belüli eloszlás megváltozására?
3. Mi a helyzet a szélsőségekkel? Hogyan változik a száraz időszakok, a nagycsapadékok gyakorisága a jövőben?
4. Ha számítunk, milyen időtávon számítunk változásokra?

Magyarországi hőmérsékleti tendenciák

Időszak: 2021–2050, referencia: 1961–1990



Nyár

1,4–2,6 °C

Tél

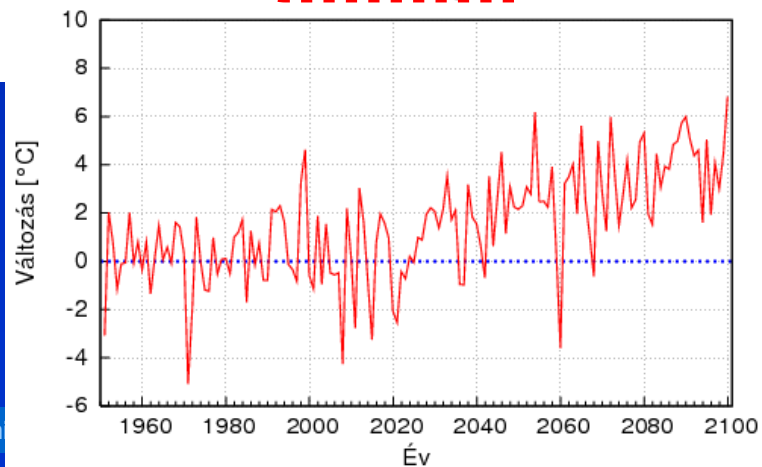
1,3 °C

-6 -5 -4 -3 -2 -1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 8.5 9 9.5 10

- Szignifikáns melegedés minden évszakban – de nem minden évben!
- Hideg szélsőségek csökkenése

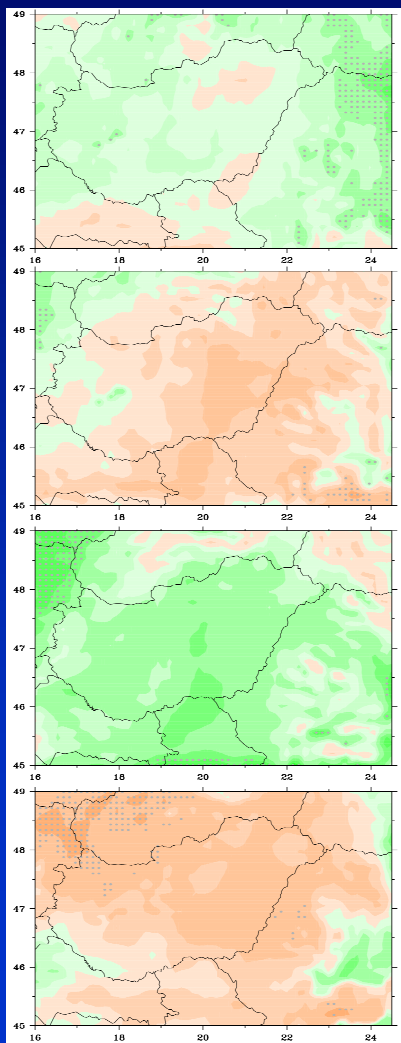
	Változás [%]
Zord nap ($T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$)	(-59)–(-45)
Hőségnap ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	56–110

Tél



Magyarországi csapadékváltozás [%]

Időszak: 2021–2050, referencia: 1961–1990

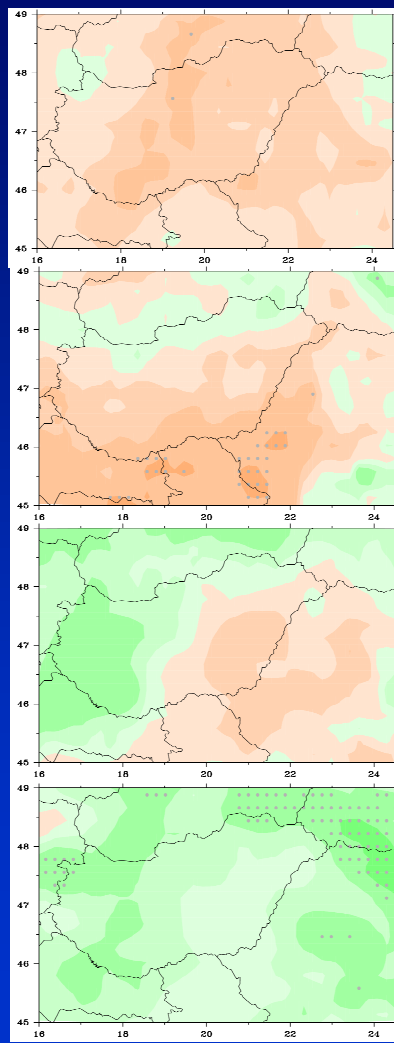


tavasz
-7 – 3

nyár
-5

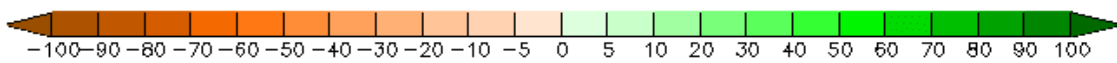
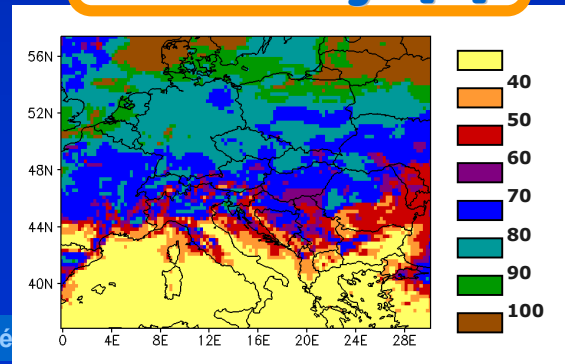
ősz
3 – 14

tél
-10 – 7



- Éves összeg kismértékű ($\pm 5\%$) változása
- Egyértelmű nyári csökkenés
- Kompenzáció?

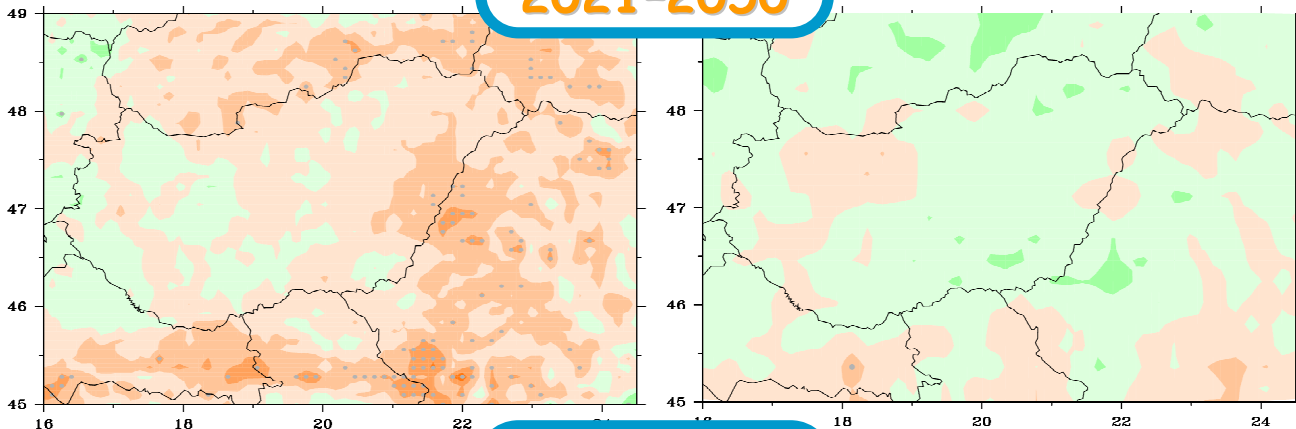
Téli növekedés valószínűsége [%]



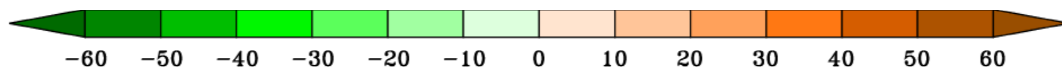
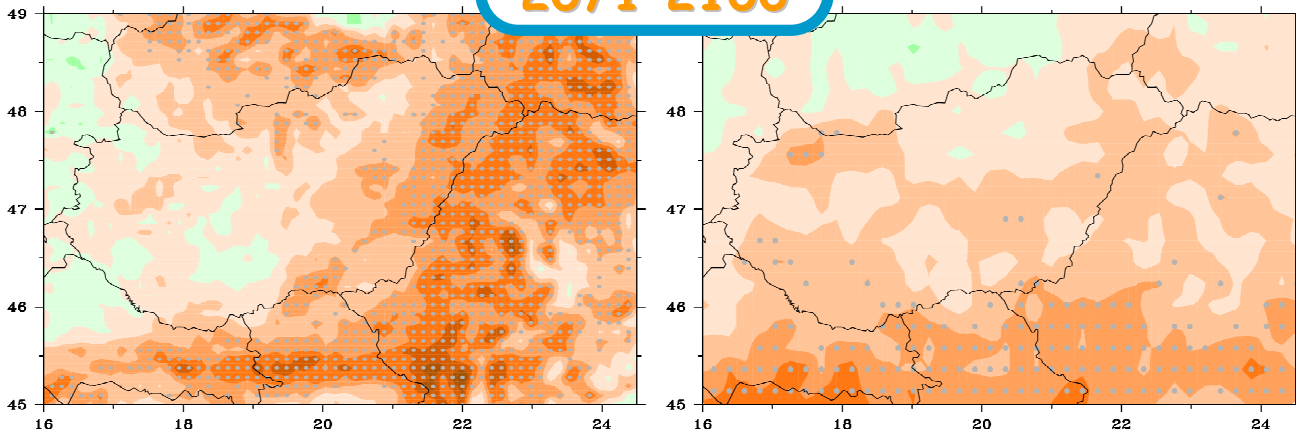
Száraz időszakok változása [%]

Referencia: 1961–1990

2021–2050



2071–2100



- Nagyobb és egyértelműbb változások a jelentől távolodva
- Oka: a „jel” túlnő a „zaj” szintjén

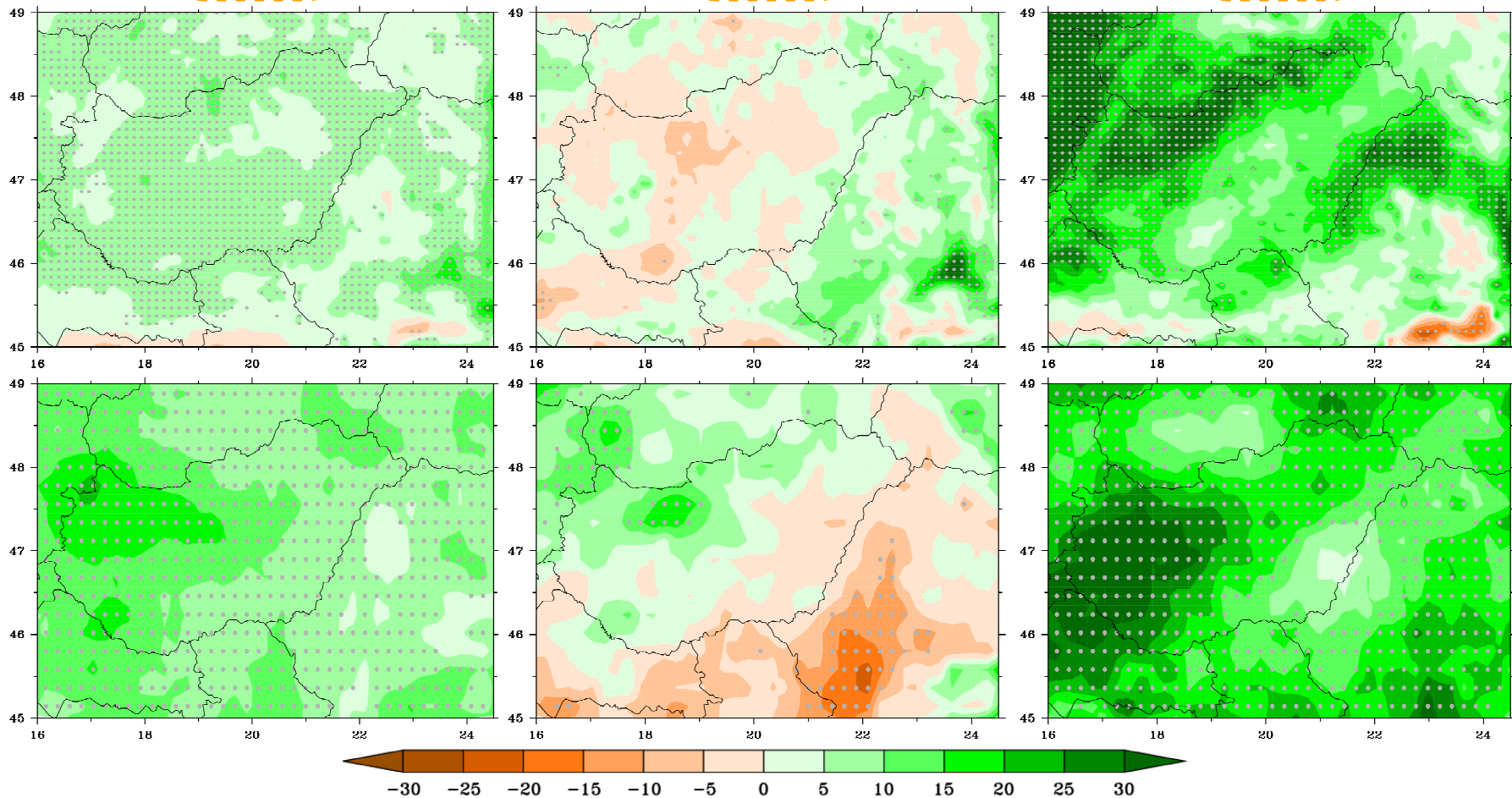
Csapadékintenzitás változása [%]

Időszak: 2071–2100, referencia: 1961–1990

Éves

Nyár

Ősz



TARTALOM

1. Motiváció
2. Éghajlati modellezés
3. Eredmények
4. Összefoglalás

Összefoglalás

- Az éghajlatváltozás leírása modellekkel: NEM hosszútávú időjárás-előrejelzés, hanem szokásos viselkedés leírása → projekciók
- Regionális éghajlati modellezés, Magyarországon is
- Bizonytalanságok számszerűsítése – valószínűségi projekciók
- Kiindulási adatok az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához – Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008, 2011)

Mire számítunk?

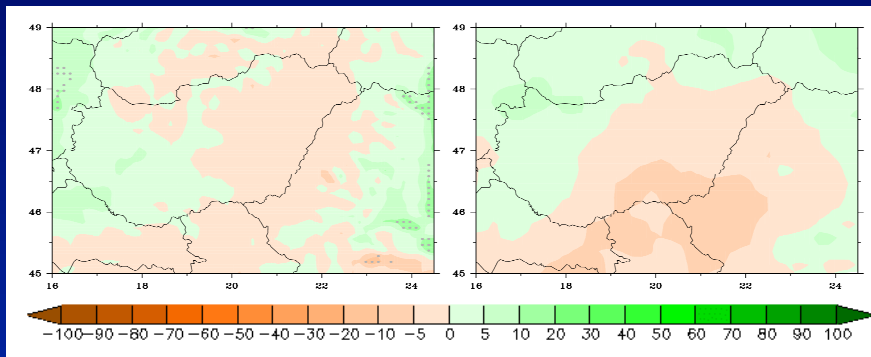
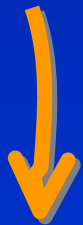
- Hőmérséklet emelkedése, de a változékonyság természetes
- Meleg szélsőségek gyakoriság-növekedése, hideg szélsőségek -csökkenése
- Kis változások az éves csapadékösszegben, évszakos átrendeződés: nyári csökkenés, a többi évszakban bizonytalan (európai eredmények: téli növekedés kompenzál) – **NEM mediterrán éghajlat**
- Csapadékszélsőségek változásai az évszázad végére egyértelműbbek („a távolabbi biztosabb”):
 - Száraz időszakok hosszának növekedése
 - Nagycsapadékok gyakoriságának növekedése – ősszel

Nem teljesen fiktív példa éghajlati modelleredmények felhasználására

Éghajlat-
változás



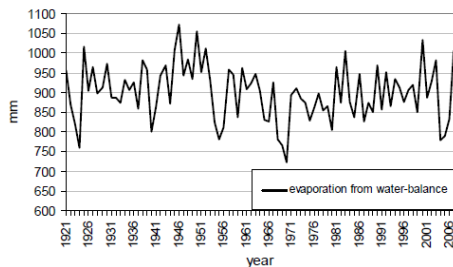
Hatás



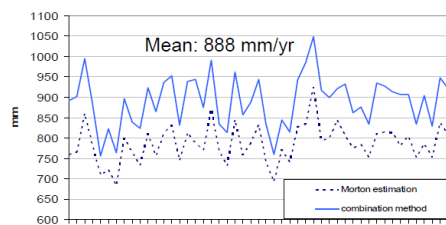
Csapadék-
változás, stb.
2021–2050



Átlag: 885 mm/év (1961–2000)



888 mm/év (2001–2050)



Forrás: Szilágyi József, BME

Az
éghajlatváltozás
hatása a Balaton
vízmérlegére



Stratégiai döntések: a becslések eredményei átrajzolhatják a Balatonnal kapcsolatos stratégiát.

Köszönjük szépen a figyelmet!

<http://www.met.hu/nmo/climate>

