

Regionális klímamodellek és eredményeik alkalmazhatósága éghajlati hatásvizsgálatokra

HORÁNYI ANDRÁS (horanyi.a@met.hu)

Csima Gabriella, Szabó Péter, Szépszó Gabriella



Országos Meteorológiai Szolgálat

Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztály (NMO)

TARTALOM

- Bevezetés: motiváció, háttér
- Az éghajlati rendszer és modellezése (a klímamodellezés alapjai)
- Az éghajlati modellek eredményeinek alkalmazása hatásvizsgálatok céljaira
- A hazai regionális klímamodellek néhány legújabb eredménye a Kárpát-medence jövőbeli éghajlatának becslésére
- Összefoglalás, kitekintés

BEVEZETÉS

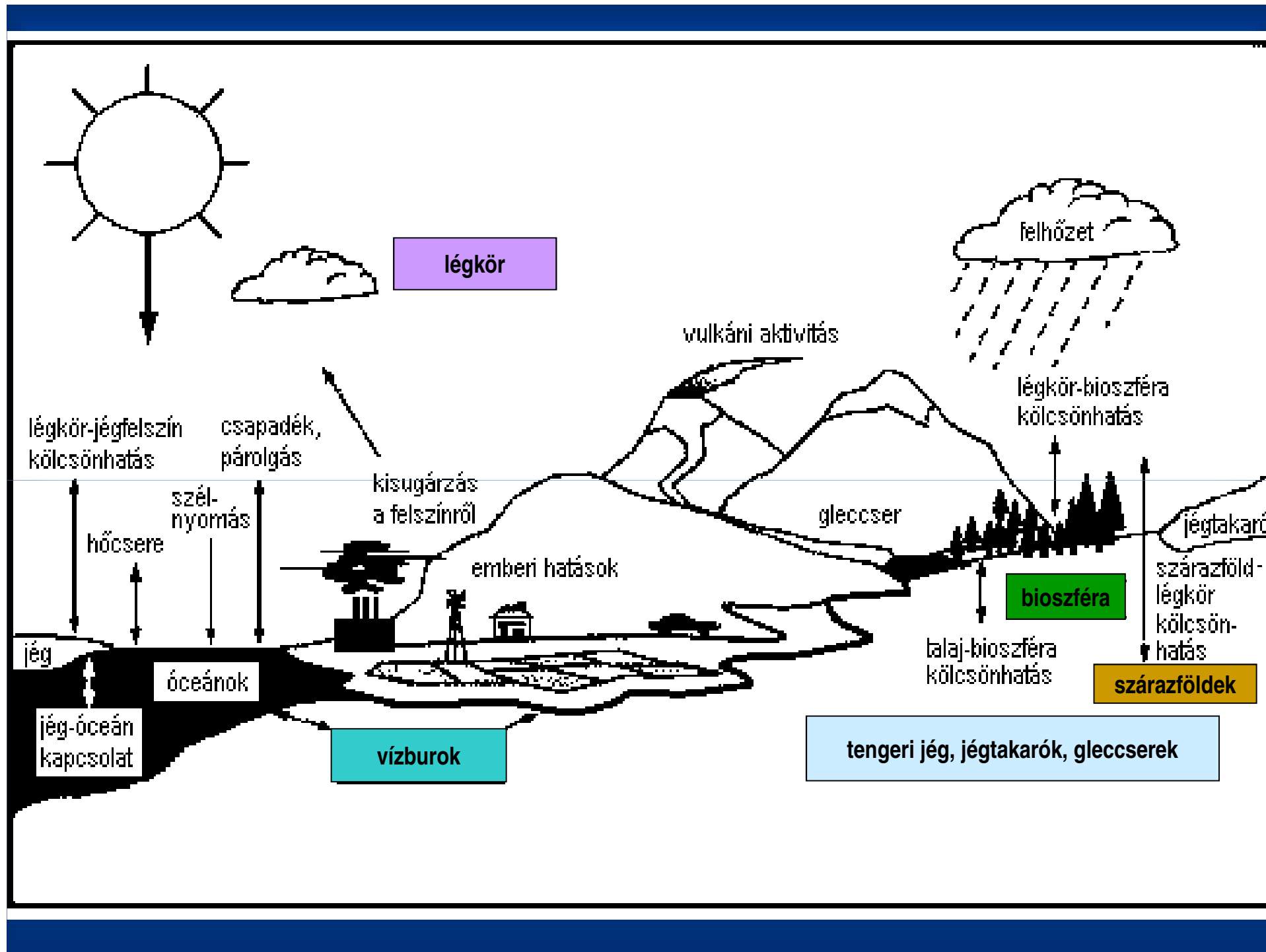
MOTIVÁCIÓ, HÁTTÉR

- Napjaink egyik fontos környezeti, gazdasági és társadalmi problémája az éghajlatváltozás
- Manapság sok minden pontatlanul (vagy rosszul) hangzik el a médiákban (és másutt) a klímaváltozás kapcsán
- Magyarországon sokszor „csak” kvalitatív alapon beszélnek az éghajlatváltozásról és annak hatásairól (kevés a kvantitatív vizsgálat, pedig ezeknek már megvannak az alapjai; ezen jó lenne változtatnunk)
- Az éghajlat jövőbeli viselkedésének becslésére egyedüli járható út a modellezés (a spekulatív megközelítés nem vezet eredményre)

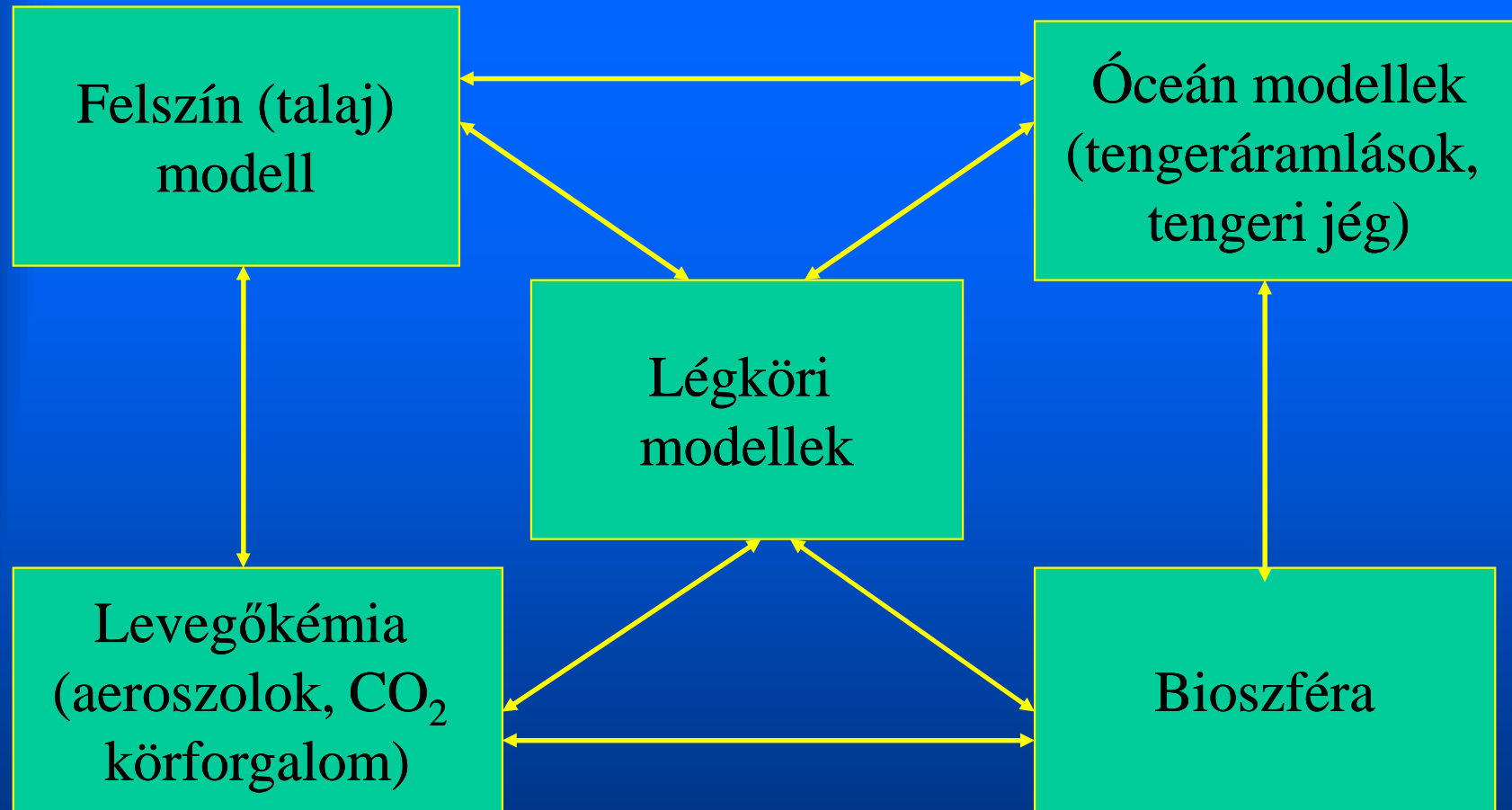
PONTATLAN MEGÁLLAPÍTÁSOK

- Egyedi szélsőséges jelenségek, évszakok és a klímaváltozás közötti egyértelmű kapcsolat deklarációja (augusztus 20., 2006/2007-es enyhe tél)
- A klímaváltozásról alkotott képünk alapján azon éghajlati jellemzők kiemelése, ami ezzel egybevágh (2006/2007-es tél: enyhe volt, DE száraz)
- Párhuzam különböző térségek éghajlata között (például Budapest éghajlata Várna vagy Firenze éghajlatához fog hasonlítani)
- Új elméletek ellenőrzés nélküli elfogadása (pl.: hirtelen gyors változások, mint például a Golf-áramlat leállása; sugárzási visszacsatolások újragondolása)

AZ ÉGHAJLATI RENDSZER ÉS JELLEMZÉSE

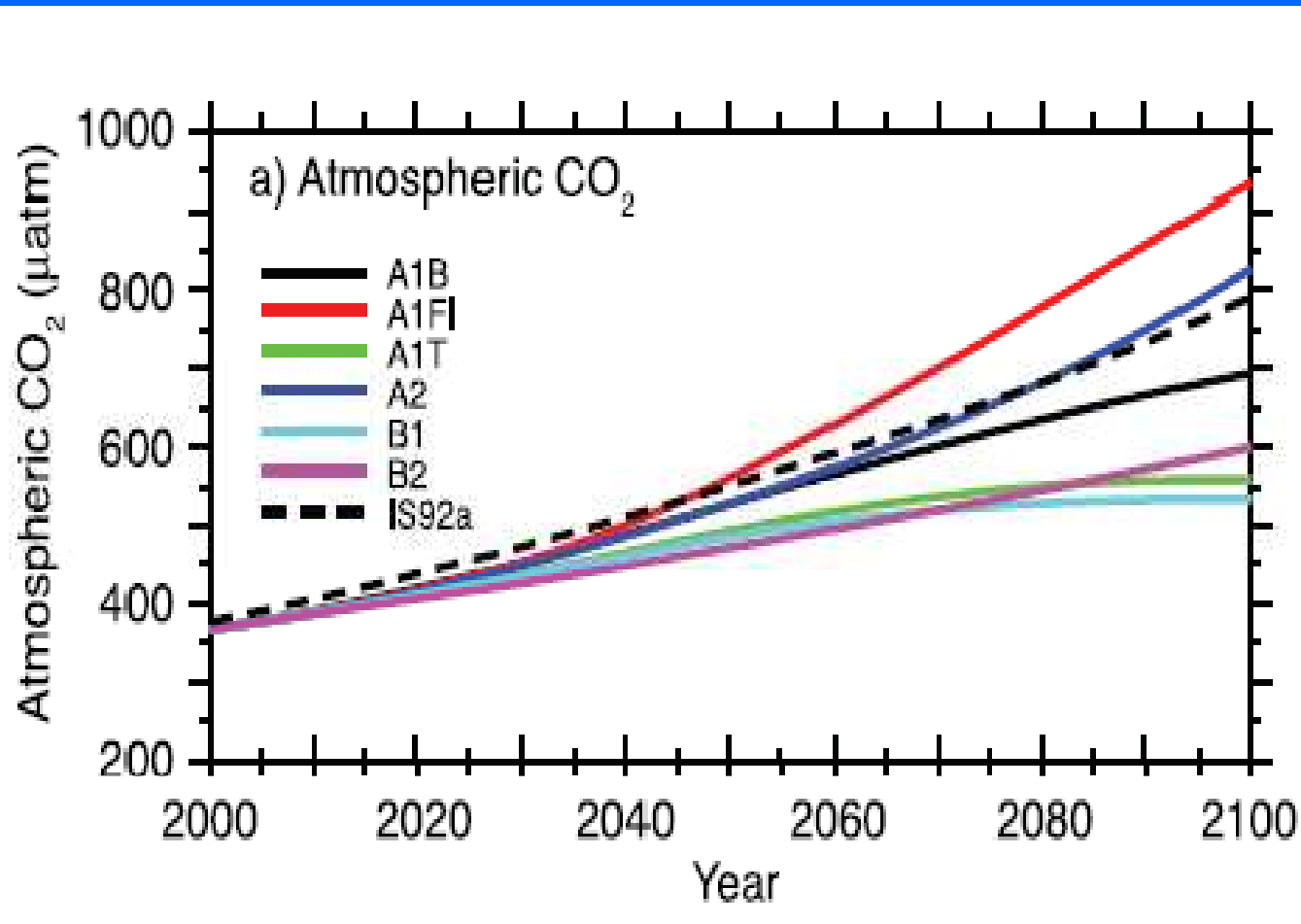


AZ ÉGHAJLATI MODELLEK LEGFONTOSABB ELEMEI



AZ ÉGHAJLAT DINAMIKAI ALAPÚ „ELŐREJELZÉSE” (GLOBÁLIS SKÁLA)

- Az éghajlati változások segítséget nyújtanak a kaotikus rendszerek előrejelzésében.
- Globális és regionális szintű előrejelzések a forgatókönyvek alapján.
- DE: a klímaváltozás információs rendszerének kialakítása.



lelek

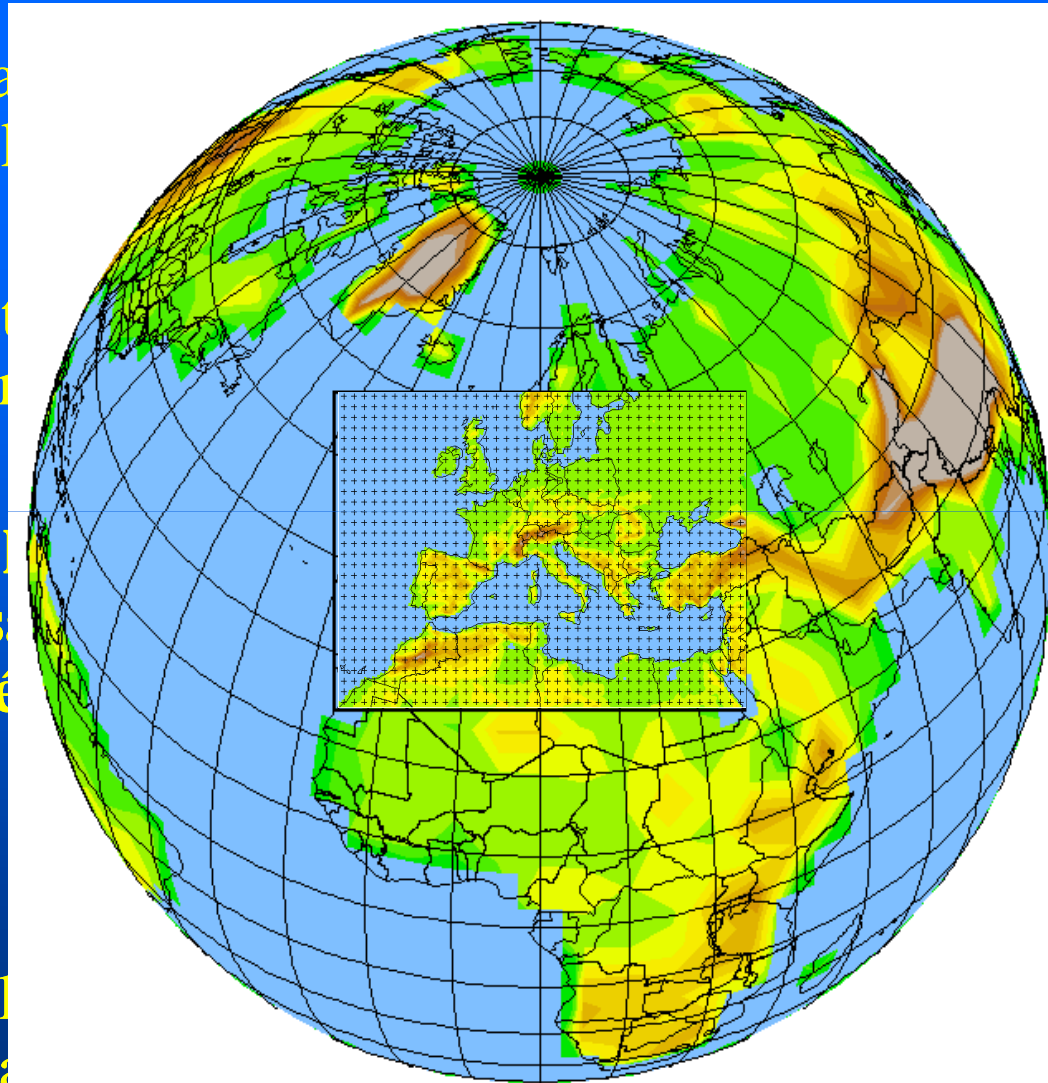
ére (a
tási

lnak

REGIONÁLIS PONTOSÍTÁS

Kiindulás: a
előrejelzés

- Nagyfelbontású számításigény
- Dinamikai alkalmazás (nagyobb terület domborzat modellek)
- Statisztikai regionális va



ségű

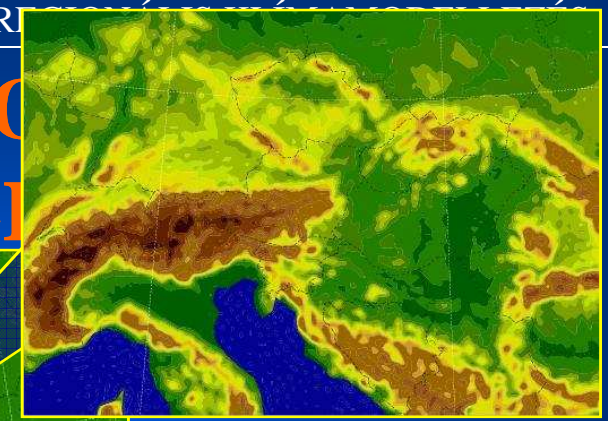
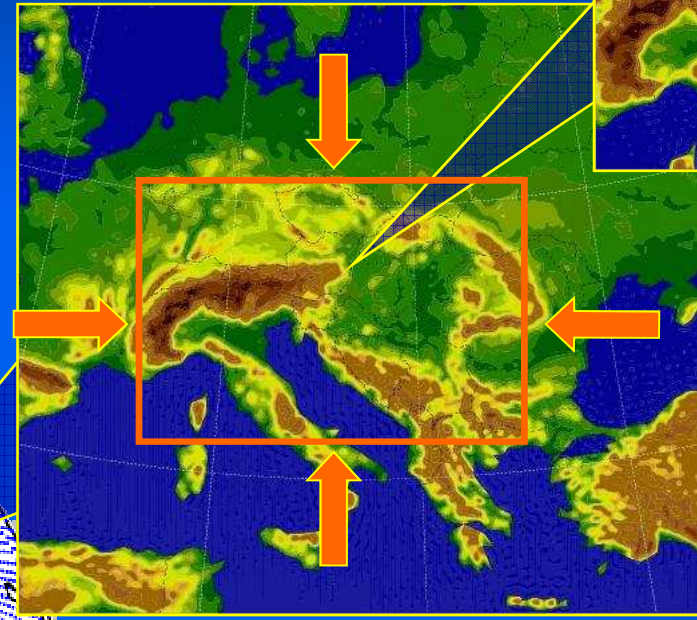
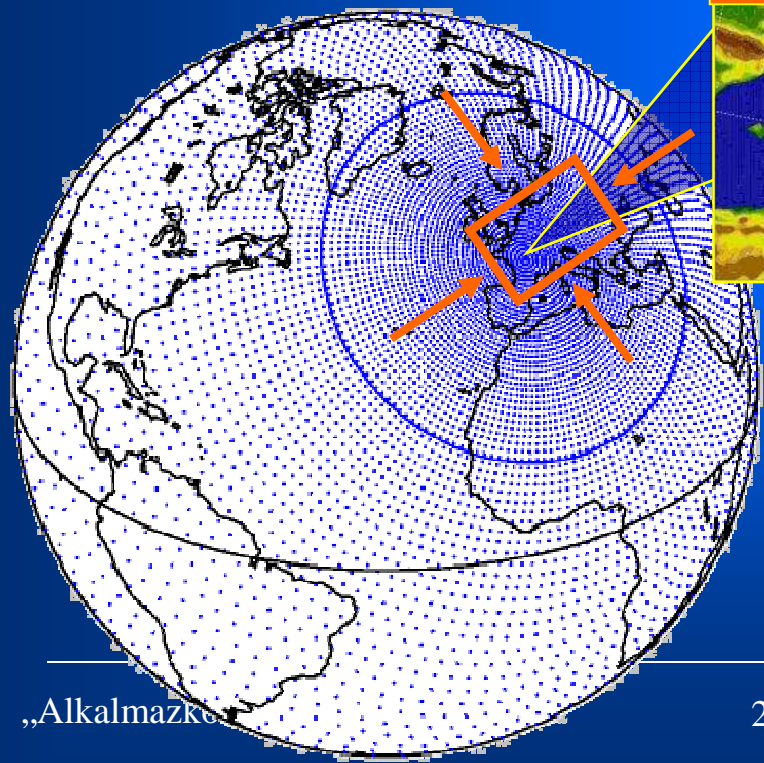
lelek (nagy

k
osítására
ldául
obális

li globális és
re nézve)

BEÁGYAZOTT KORLÁTOZOTT TARTOMÁNYÚ MODELL

GLOBÁLIS MODELL

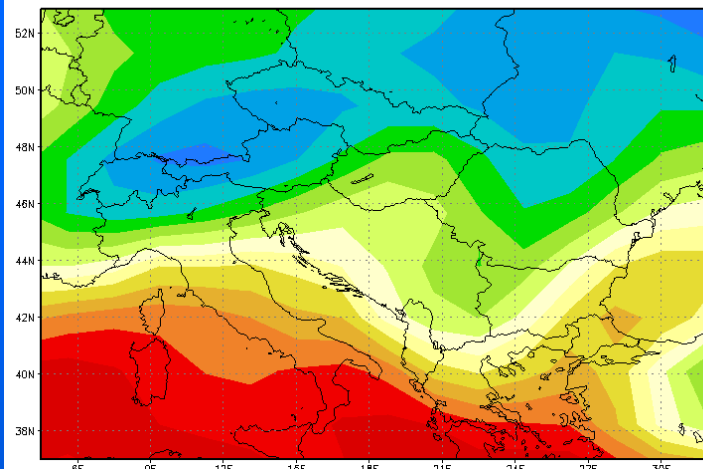


LOKÁLIS MODELL

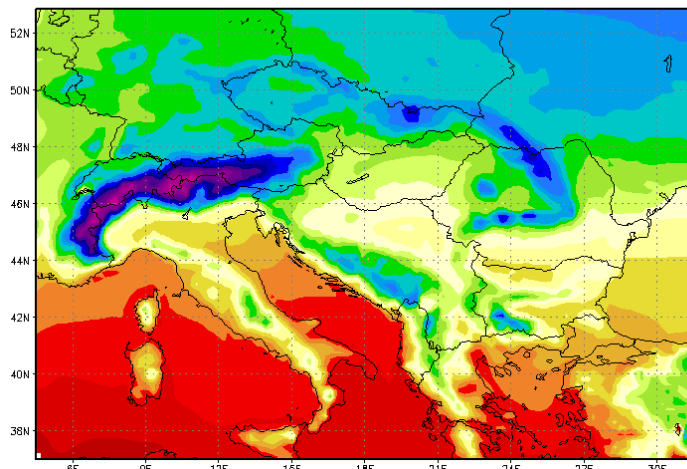
REGIONÁLIS MODELL

GLOBÁLIS VS. REGIONÁLIS REGIONÁLIS KLÍMAMODELLEZÉS

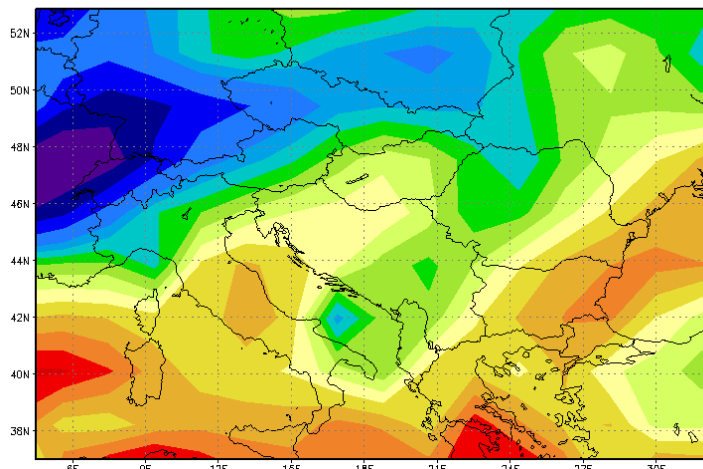
Annual mean temperature (ECHAM) [°C]
Period: 1961–1990; resolution: 1.875 deg.



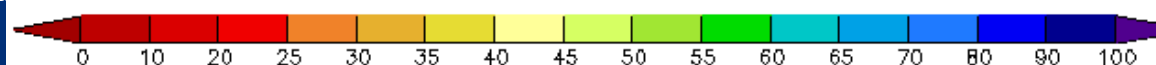
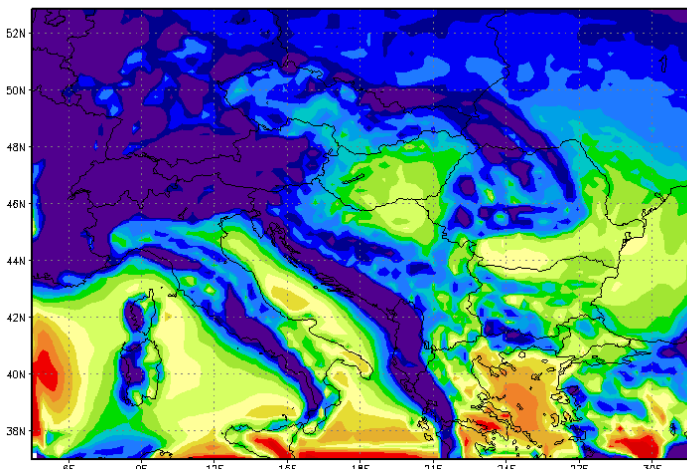
Annual mean temperature (REMO) [°C]
Period: 1961–1990; resolution: 0.22 deg.



Annual mean of precipitation (ECHAM) [mm/month]
Period: 1961–1990; resolution: 1.875 deg.



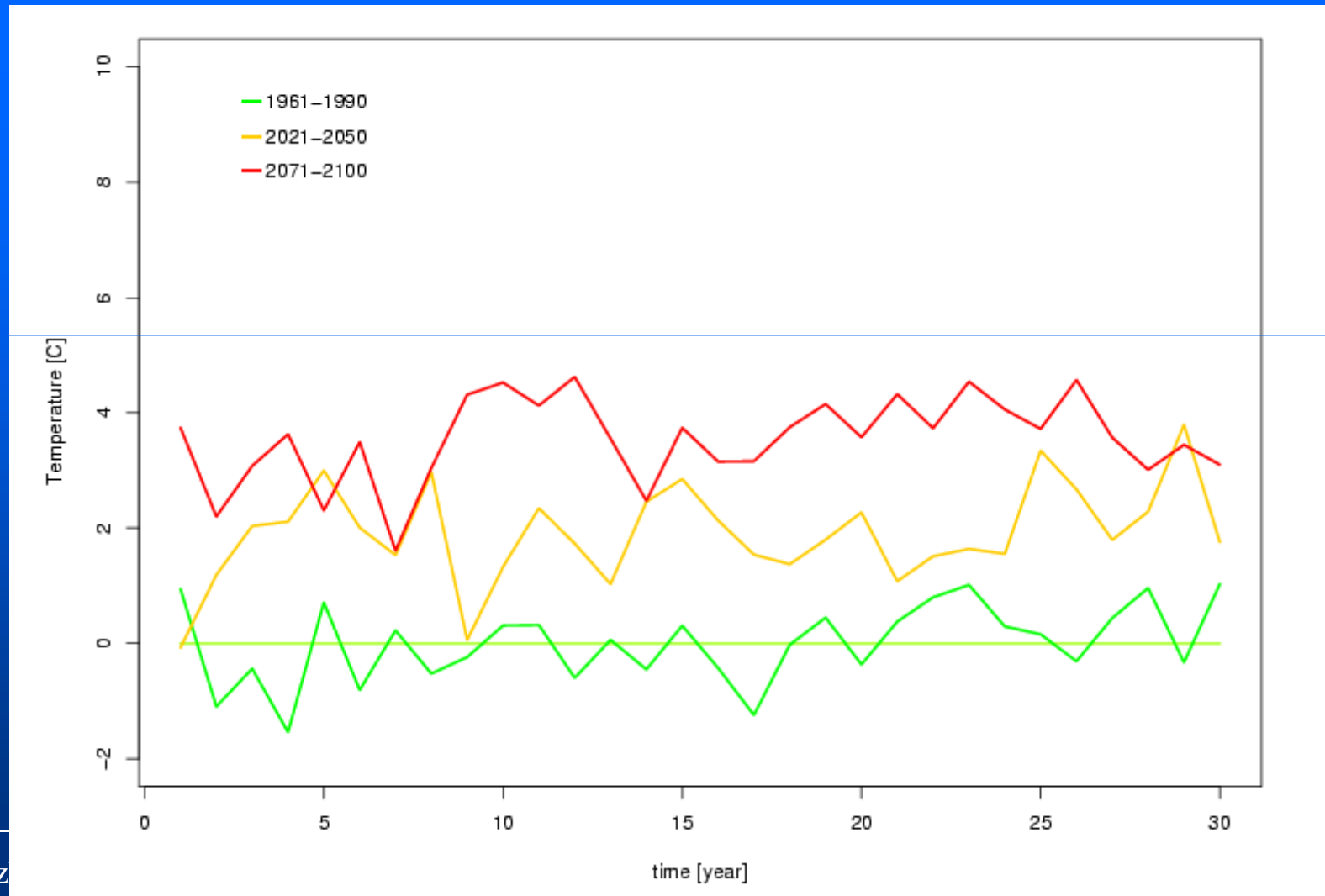
Annual mean of precipitation (REMO) [mm/month]
Period: 1961–1990; resolution: 0.22 deg.



MILYEN ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTHETŐEK ÉGHAJLATI MODELLEKKEL?

- Az éghajlati rendszer (elsősorban a légkör és az óceán) **átlagos** viselkedésének jellemzése statisztikai mutatókkal (átlagok, összegek stb.)
 - A jövőre nézve nem tudunk adott évre vonatkozó információkat adni!!
- Szükséges és lehetséges a szimulációkban rejlő bizonytalanságok számszerűsítése (valószínűségi forma, „együttes” előrejelzések: több modellfuttatás)
 - Ez kiegészítő információ és nem korlát!!

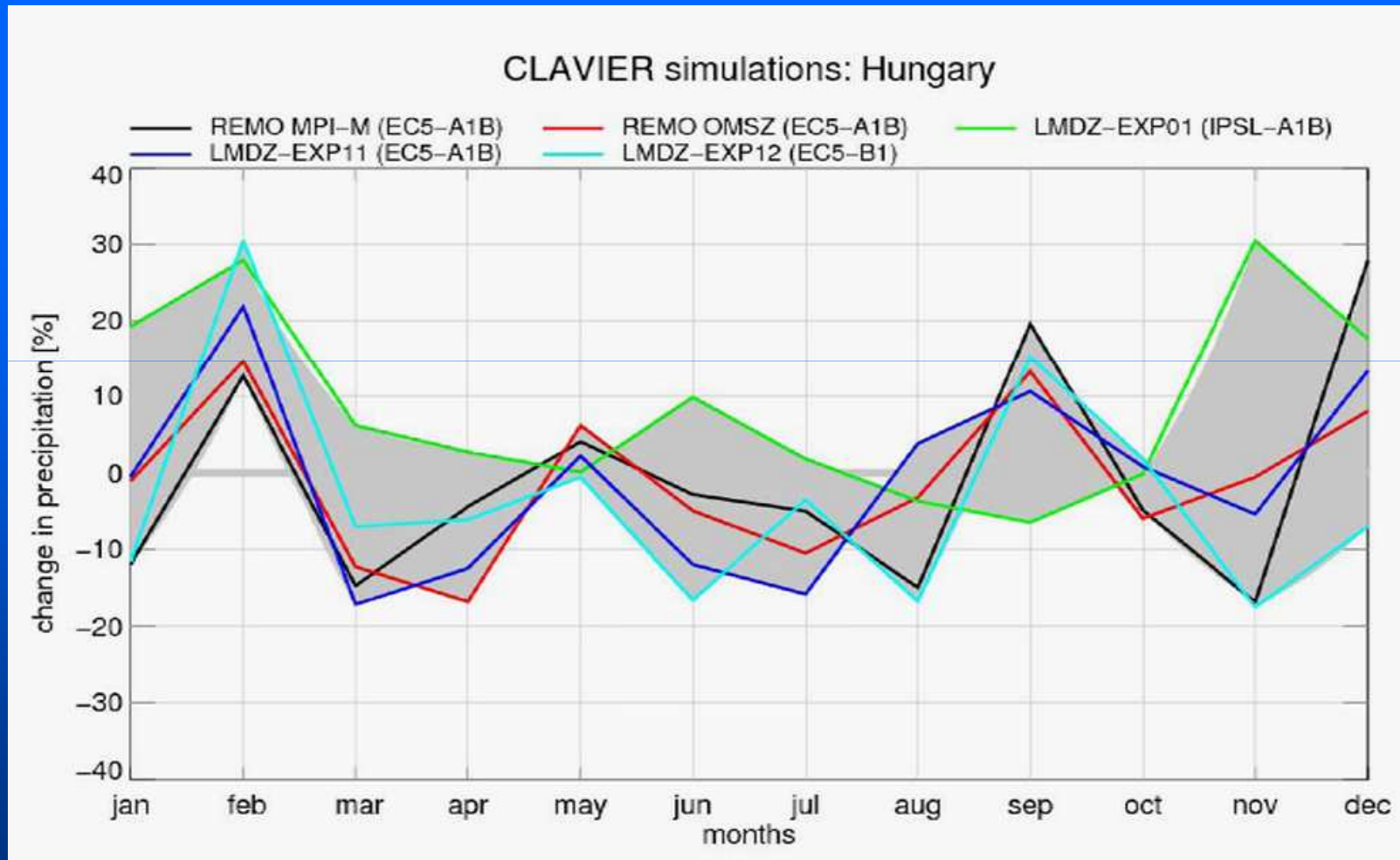
AZ ÉVES ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSÁNAK MENETEI



AZ ÉGHAJLATI MODELLEK TESZTELÉSE, MAJD ALKALMAZÁSA

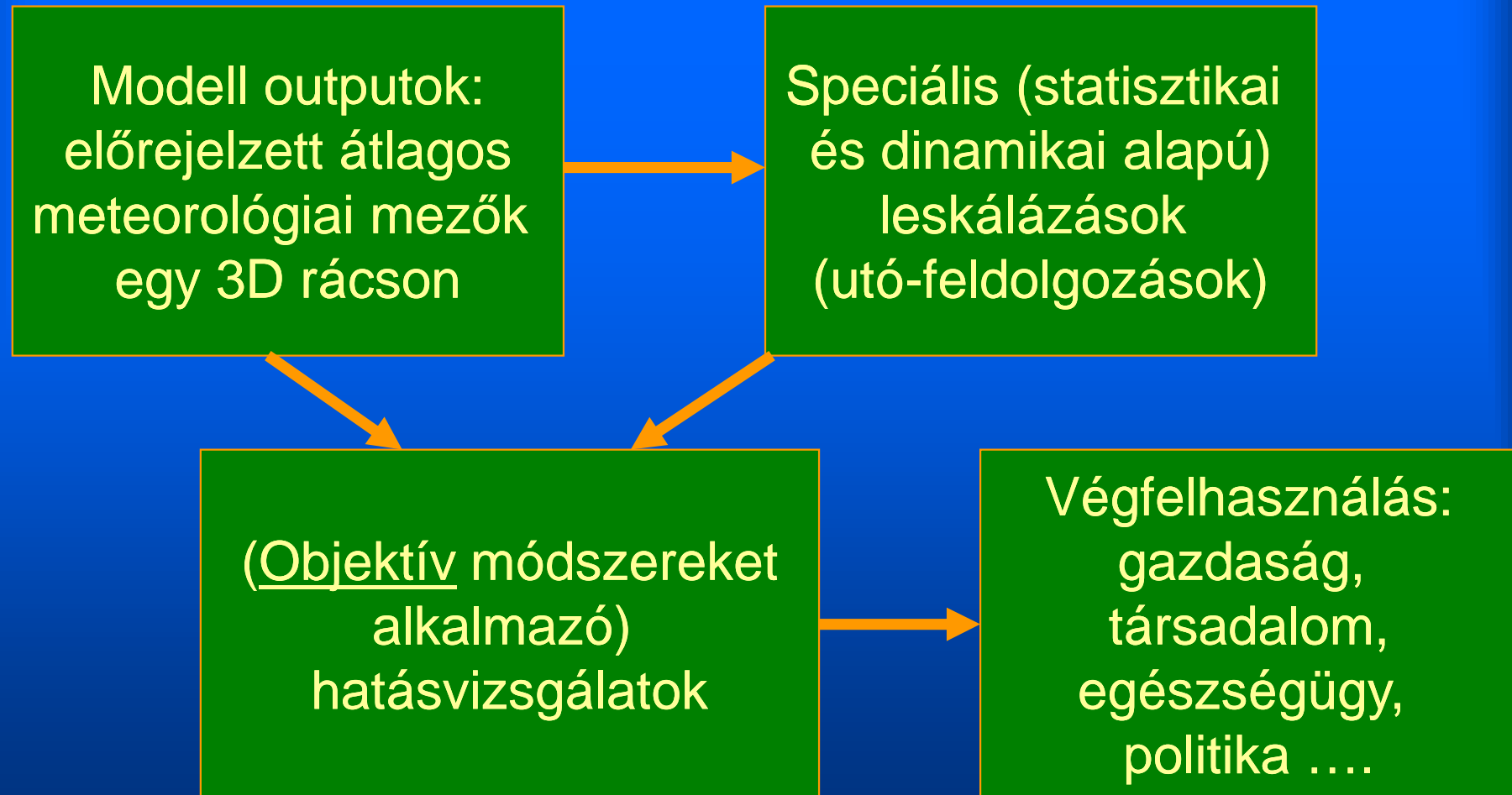
- A múlt éghajlatának rekonstruálása: globális és regionális referencia megfigyelési adatbázisok alkalmazása
 - Climatic Research Unit (CRU)
 - ERA40 vagy NCEP re-analízis adatok
 - Nemzeti adatbázisok
- A modellek folyamatos fejlesztése, tökéletesítése (tökéletes múlt = tökéletes jövő???)
- Jövőre vonatkozó előrejelzések készítése globális és regionális skálán (több modell eredményeinek együttes kiértékelése a bizonytalanságok számszerűsítésére)

TÖBB MODELL EREDMÉNYÉNEK EGYÜTTES KIÉRTÉKELÉSE



**AZ ÉGHAJLATI MODELLEK
ALKALMAZÁSA
HATÁSVIZSGÁLATOKRA**

HOGYAN HASZNÁLHATÓAK FEL AZ ÉGHAJLATI MODELLEK EREDMÉNYEI?



ÉGHAJLATI HATÁSVIZSGÁLATOK

1. Mi a kapcsolat a meteorológiai változók (indikátorok) és a vizsgálni kívánt „jelenség” között?
 - Objektív, kvantitatív összefüggés legyen!
 - Ismert legyen a többi tényező szerepe is (ami a nem meteorológiai hatást biztosítja)!
2. A fenti összefüggés tesztelése, finomítása mérési, megfigyelési adatok segítségével (meteorológiai és a vizsgálni kívánt jelenségre jellemző karakterisztikák)
3. A hatásvizsgálatok elvégzése a modell-eredmények felhasználásával (múltra és jövőre)

ALKALMAZHATÓ MODELL OUTPUTOK

- Múltra vonatkozó teszt modell futtatás „tökéletes” határfeltételekkel (re-analízisek!)
 - A „kapcsolat” tesztelésére, valamint a múltra vonatkozó modell-információk alkalmazhatóságának vizsgálata
- Múltra vonatkozó teszt futtatás múltra vonatkozó globális adatokkal meghajtva
 - A jövőre vonatkozó vizsgálatokhoz hasonló módszertan, de mégis ellenőrizhető, tesztelhető eredményekkel
- Jövőre vonatkozó futtatási eredmények

JAVASOLT LÉPÉSEK HATÁSVIZSGÁLATI TERÜLETENKÉNT (1)

- Azon jelenségek „beazonosítása”, amelyekre a klímaváltozás hatással lehet /hatásvizsgálók/
- Az adott tevékenységekhez kapcsolódó meteorológiai indikátorok kiválasztása (pl. téli fagyos napok száma vagy nyári hőség periódusok vagy heves esőzések stb.) /közösen/
- Melyek a fentiekhez kapcsolódó adekvát, jövőre vonatkozó meteorológiai információk (korlátokkal együtt; pl. a heves esőzések várható gyakoriságának változása valószínűségi értelemben) /meteorológusok/

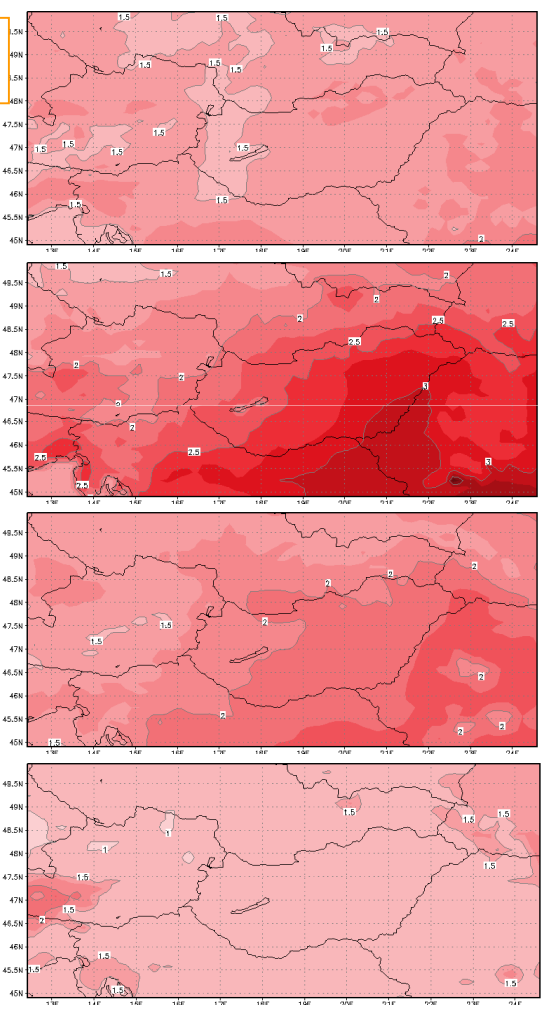
JAVASOLT LÉPÉSEK HATÁSVIZSGÁLATI TERÜLETENKÉNT (2)

- Az elvégzendő hatásvizsgálatok listája a bemenő és kimenő paramétereik felsorolásával /hatásvizsgálók/
- A szükséges meteorológiai utó-feldolgozási eljárások kidolgozása /meteorológusok/
- A meteorológiai információk alkalmazása a hatásvizsgálatok elvégzésére (múltra és jövőre) /közösen/

EREDMÉNYEK

JÖVŐRE VONATKOZÓ PROJEKCIÓK: HŐMÉRSÉKLET (A1B, 2021–2050-re 1961–1990-hez képest)

ALADIN



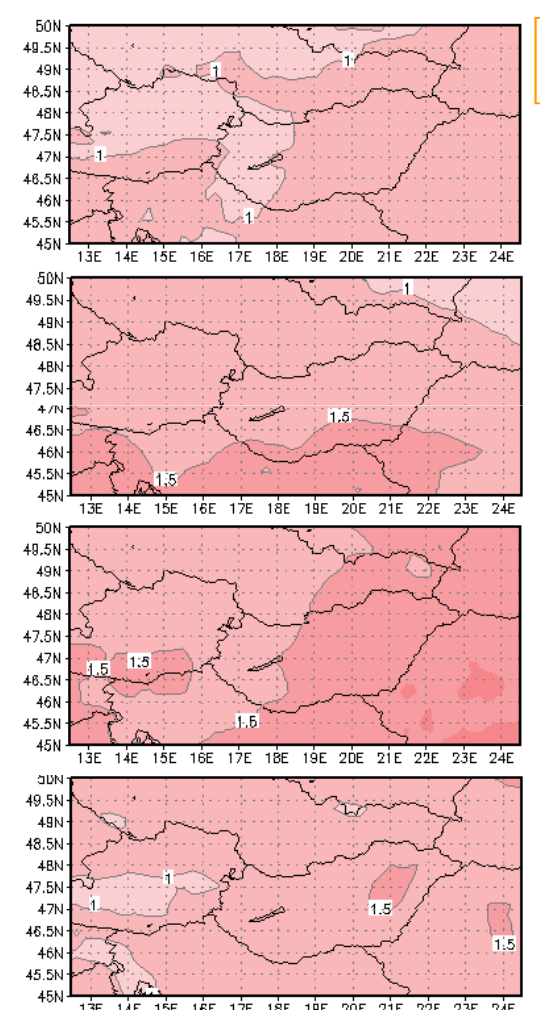
Tavaszi

Nyári

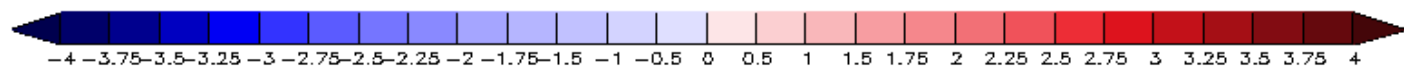
Őszi

Téli

REMO



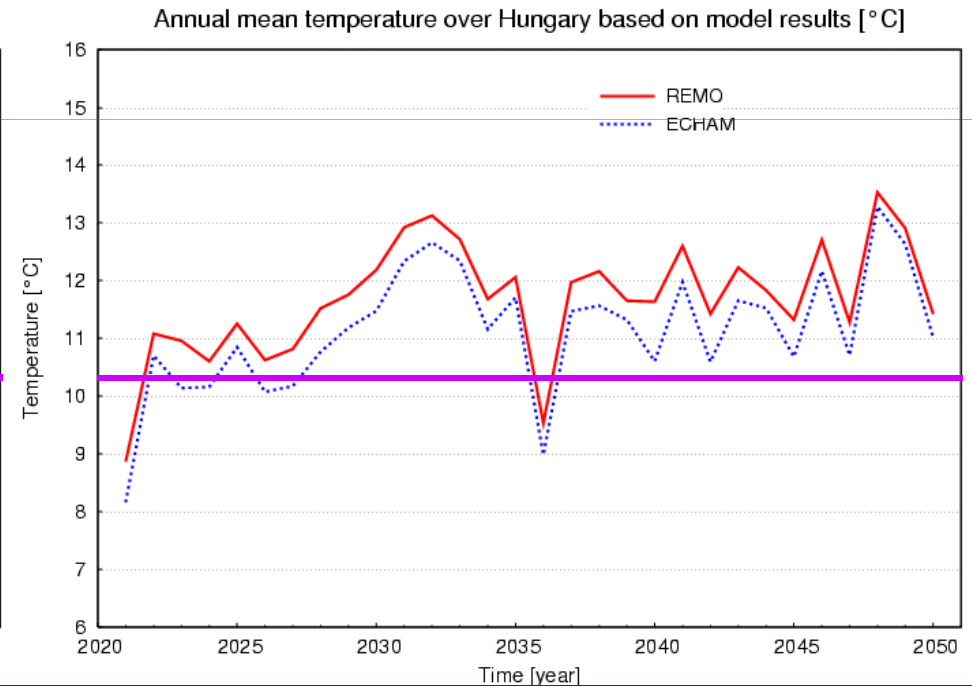
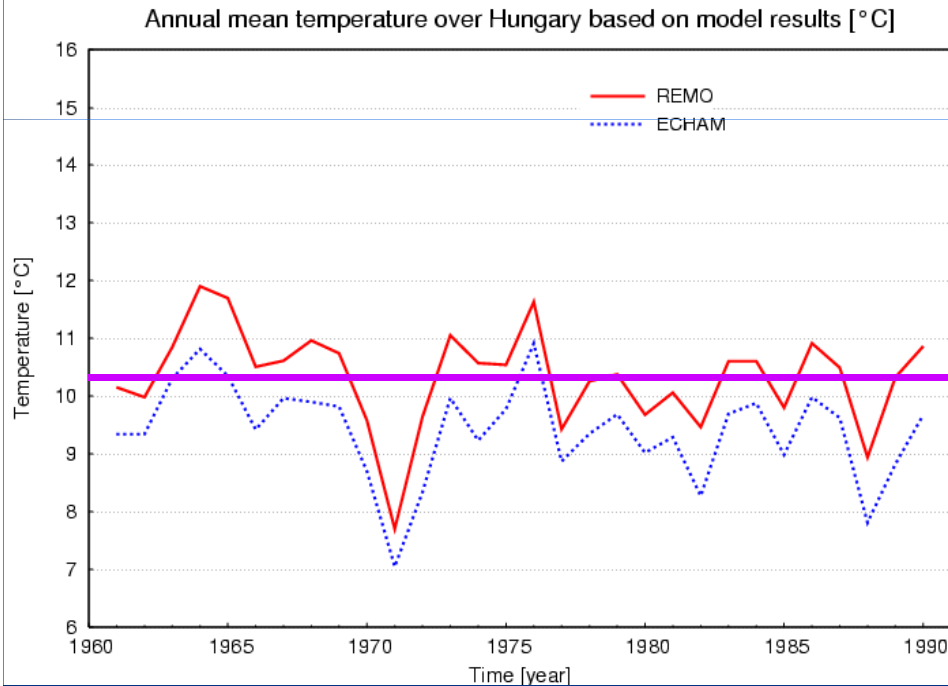
„Alkalmazkodás



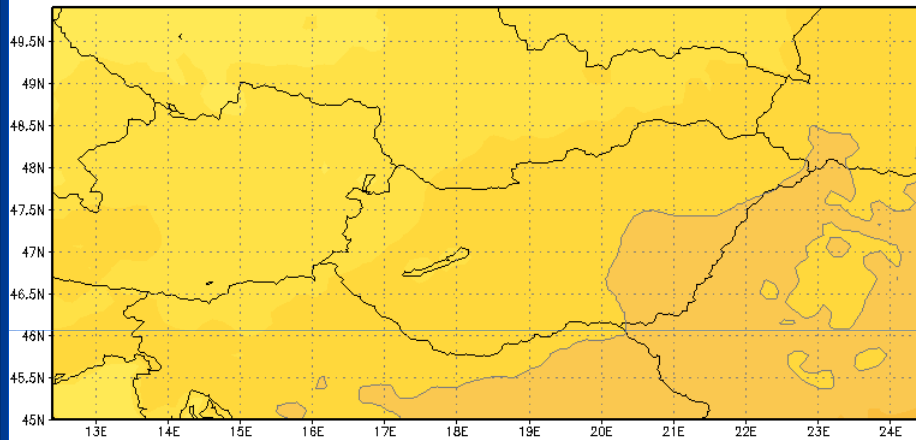
MAGYRORSZÁGI ÉVES ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET ALAKULÁSA (REMO MODELL)

1961–1990

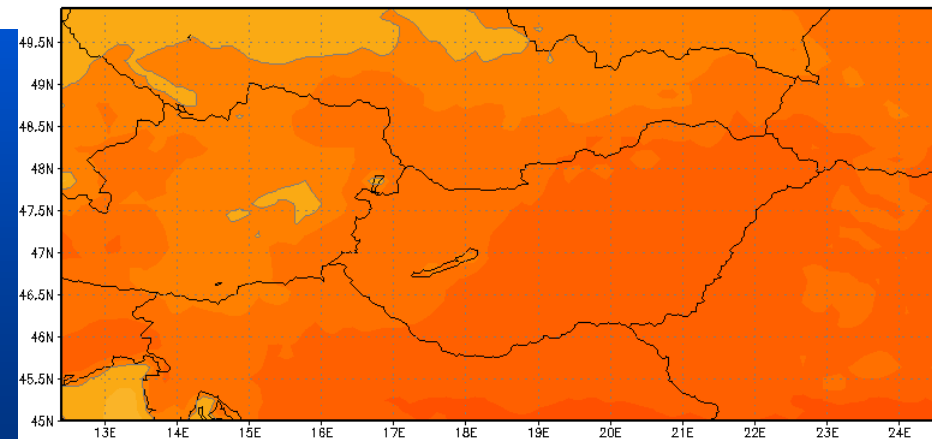
2021–2050



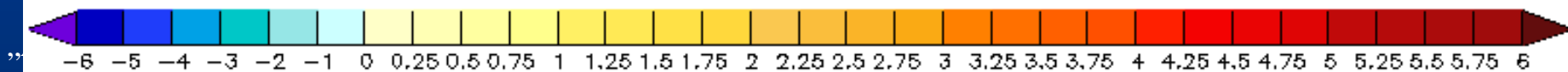
MAGYARORSZÁGI ÉVES ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSA (ALADIN modell, 2021-2050, 2071-2100)



2021-2050



2071-2100



ÉVES és ÉVSZAKOS ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSA ÉS SZÓRÁSA (ALADIN MODELL)

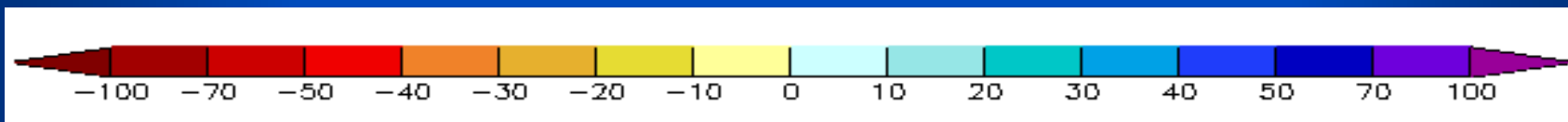
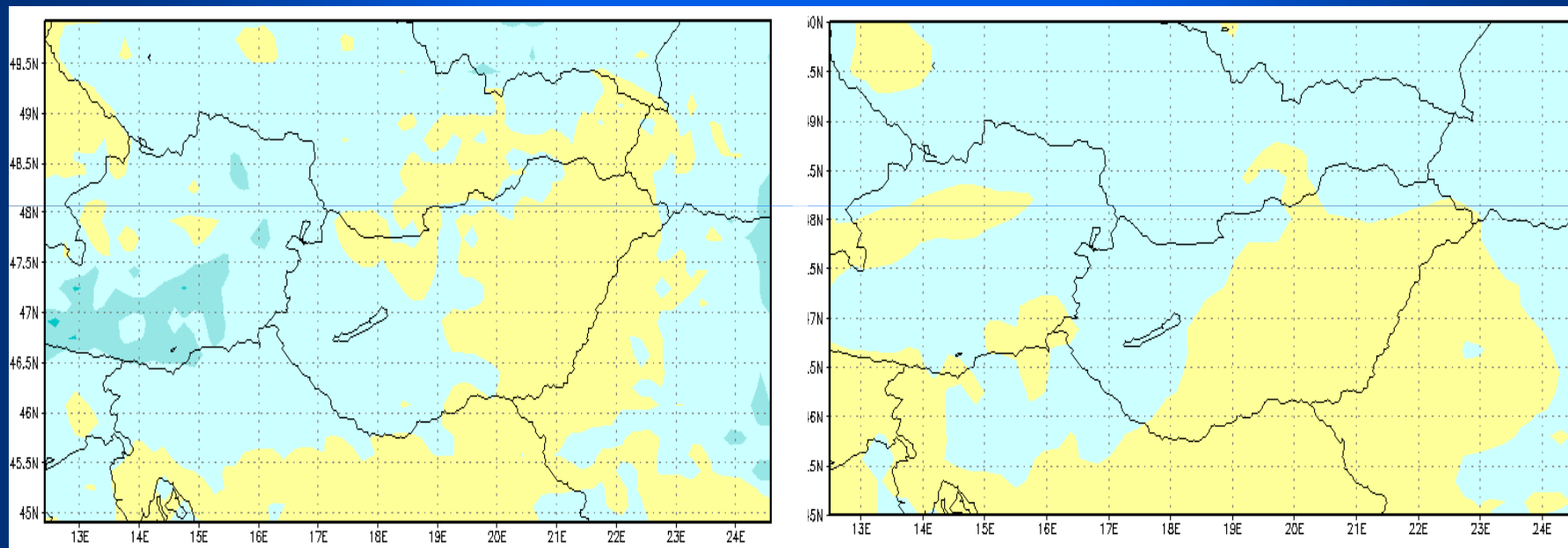
2021-2050	Éves	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
Változás [°C]	1.90	1.60	2.59	2.04	1.34
Szórás [°C]	0.85	1.01	1.49	1.30	1.11

2071-2100	Éves	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
Változás [°C]	3.54	3.13	4.92	3.56	2.53
Szórás [°C]	0.74	0.94	1.50	0.94	1.55

JÖVŐRE VONATKOZÓ PROJEKCIÓK: ÉVES CSAPADÉK (A1B, 2021–2050-re 1961–1990-hez képest)

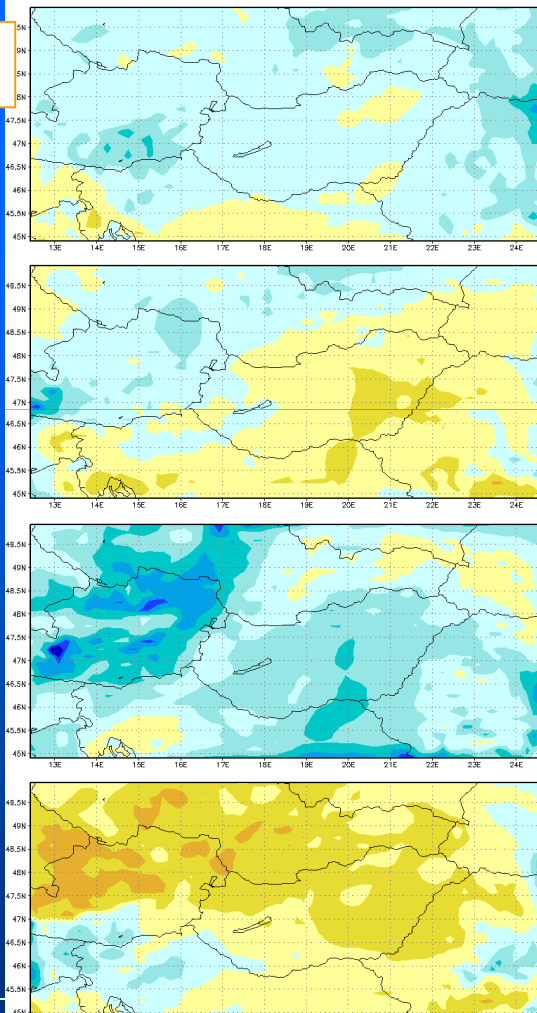
ALADIN

REMO



JÖVŐRE VONATKOZÓ PROJEKCIÓK: CSAPADÉK (A1B, 2021–2050-re 1961–1990-hez képest)

ALADIN



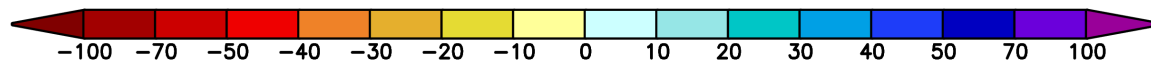
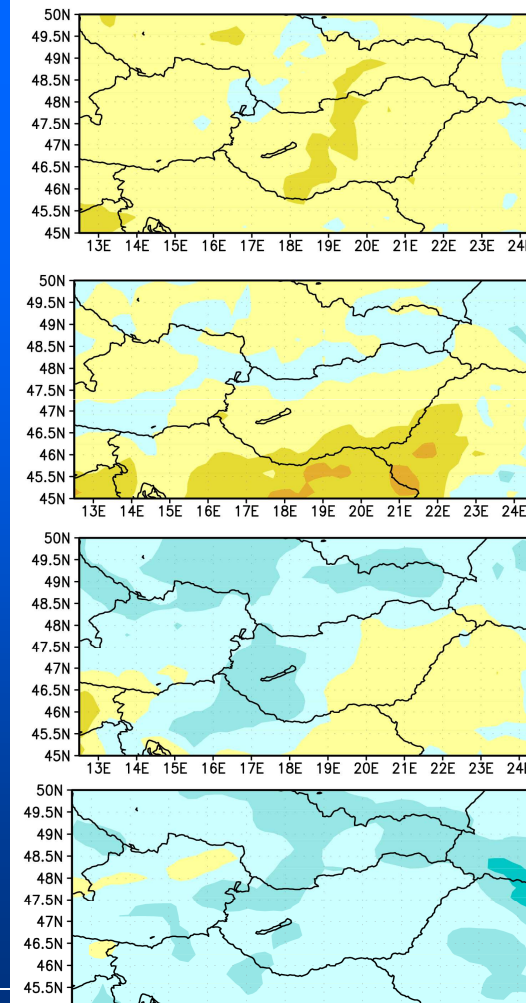
Tavaszi

Nyár

Ősz

Tél

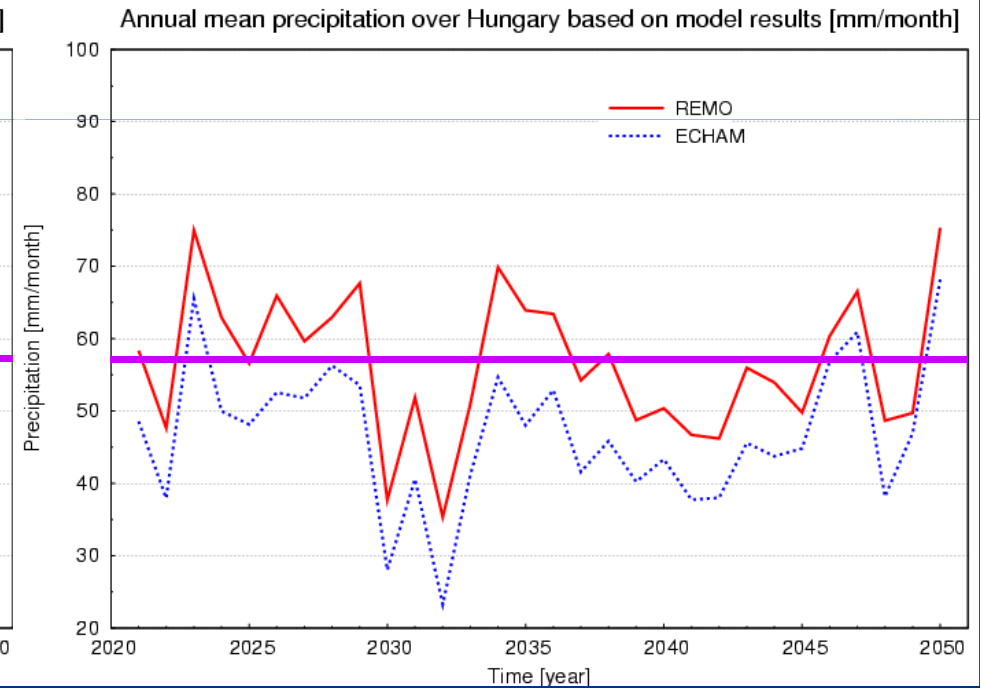
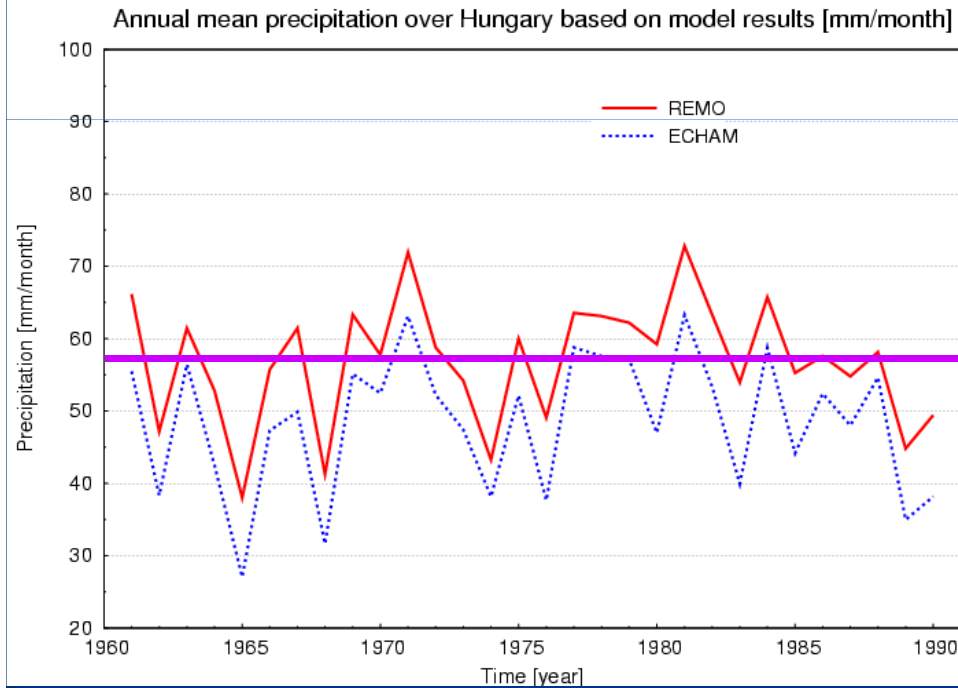
REMO



MAGYARORSZÁGI ÉVES CSAPADÉKÁTLAG ALAKULÁSA (REMO MODELL)

1961–1990

2021–2050

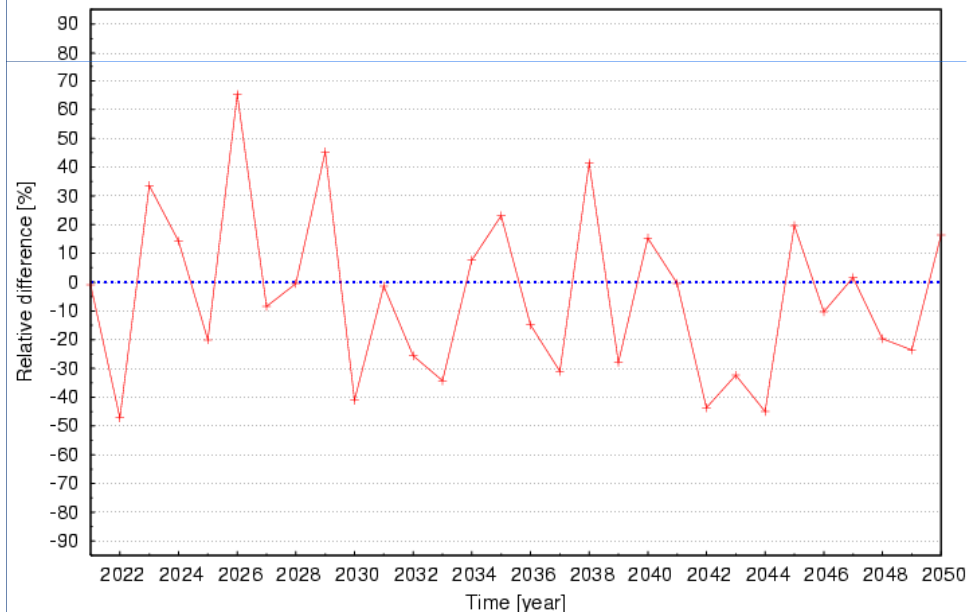


MAGYARORSZÁGI ÉVSZAKOS CSAPADÉKÁTLAG VÁLTOZÁSÁNAK ALAKULÁSA (referencia: 1961-1990-es időszak átlaga; REMO modell)

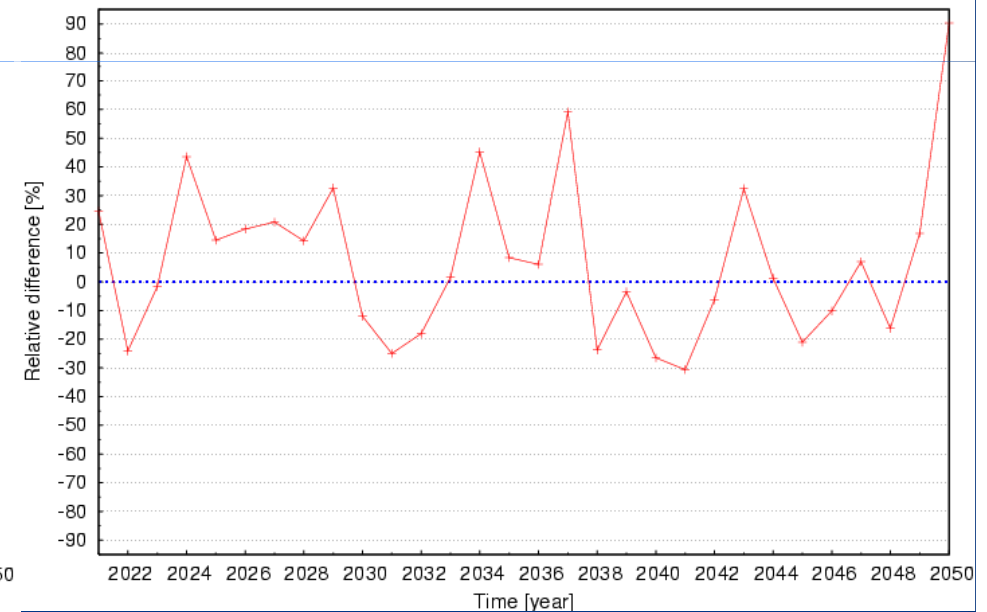
Nyár

Tél

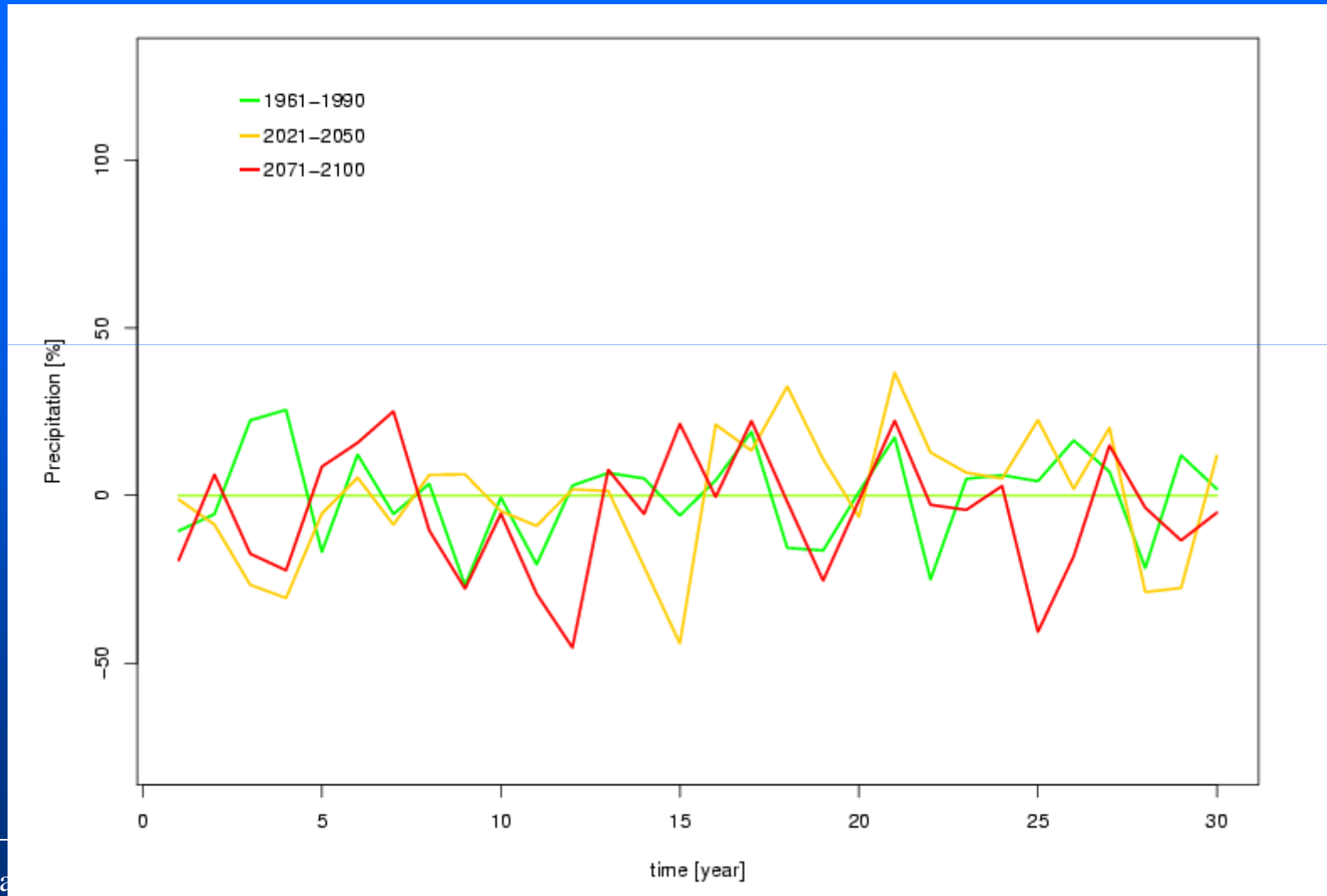
Change of seasonal (JJA) mean precipitation in REMO for 2021-2050 [%]
Reference period: JJA, 1961-1990; area: Hungary



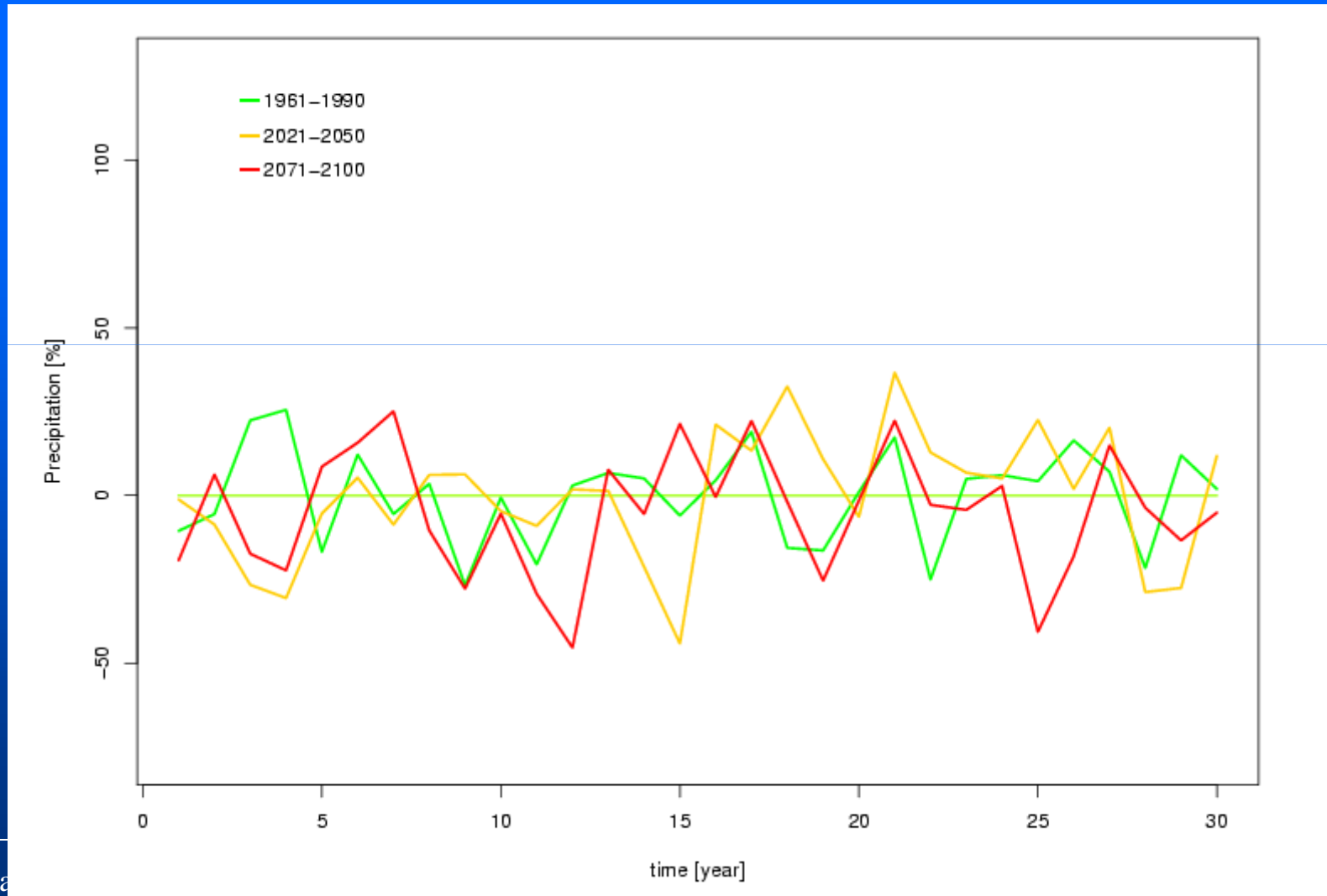
Change of seasonal (DJF) mean precipitation in REMO for 2021-2050 [%]
Reference period: DJF, 1961-1990; area: Hungary



Az éves csapadékátlag relatív változásának menete a különböző időszakokban [%] – referencia időszak: 1961-1990
 (1961-1990; 2021-2050; 2071-2100)



AZ ÉVES CSAPADÉKÁTLAG RELATÍV VÁLTOZÁSA (ALADIN MODELL)



ÉVES és ÉVSZAKOS CSAPADÉKÁTLAG VÁLTOZÁSA ÉS SZÓRÁSA (ALADIN MODELL)

2021-2050	Éves	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli
Változás [%]	-0.27	3.40	-5.11	13.19	-10.05
Szórás [%]	19.01	20.48	29.47	44.94	34.90

2071-2100	Éves	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli
Változás [%]	-5.16	2.14	-20.34	10.11	-3.43
Szórás [%]	18.41	24.97	28.69	53.41	38.52

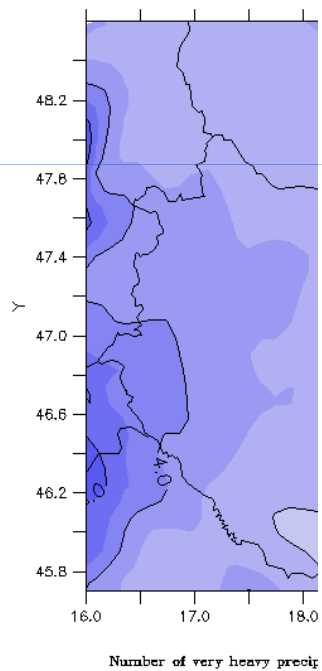
AZ ALAPMENNYISÉGEK ÁTLAGOS VISELKEDÉSE

- Hőmérséklet
 - A modellek jellegüket tekintve hasonló eredményeket adnak (más-más a referencia a modelleknél)
 - Melegedés, ami nyáron és ősszel a legnagyobb mértékű
 - Elsősorban nyáron erős Ny-K-i gradiens (nagyfelbontású modell!)
- Csapadék
 - A modellek jelentősen eltérnek egymástól (kivéve nyáron)
 - A csapadék éves összegében nem várható jelentős változás, de az eloszlásában igen!
 - Nagyfokú bizonytalanság (Magyarország két zóna határán, illetve az időbeli változás nem lineáris)

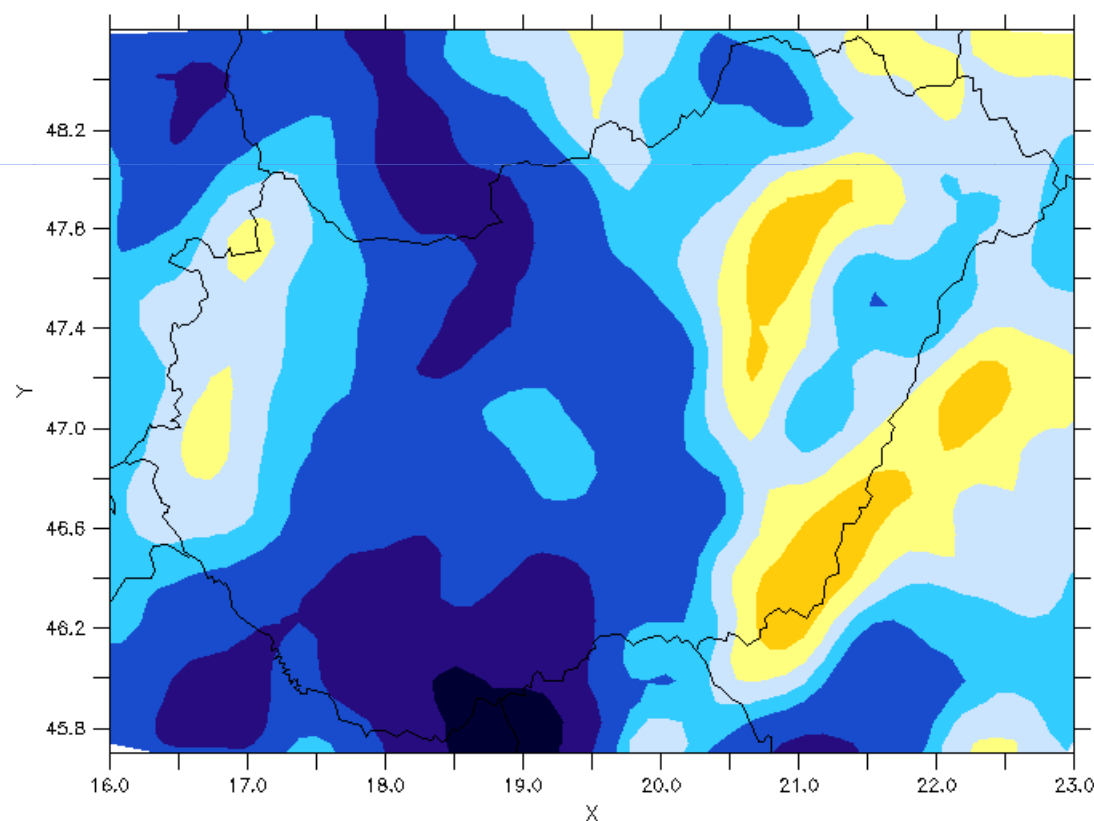


SZÉLSŐSÉGEK VÁLTOZÁSA (ALADIN/Climate, A1B, 2021–2050 vs. 1961–1990, 20mm-t meghaladó csapadékos napok száma)

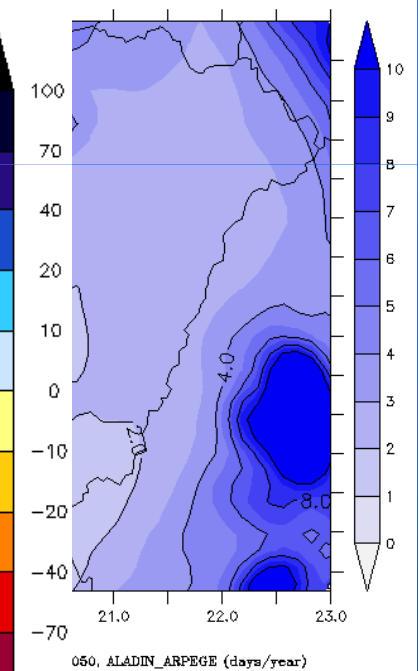
VÁLTOZÁS (%)



Number of very heavy precip



Change of number of very heavy precipitation days (Rday>=20mm), ALADIN_ARPEGE (percent)

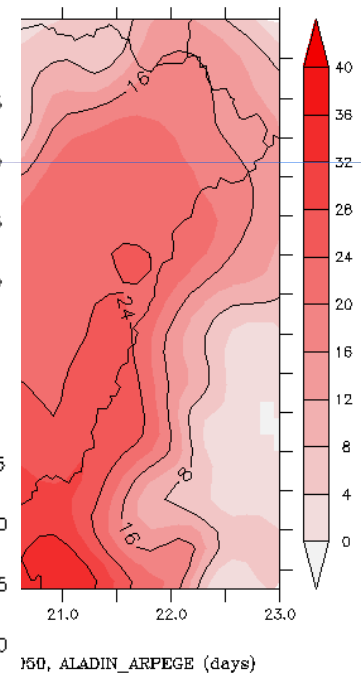
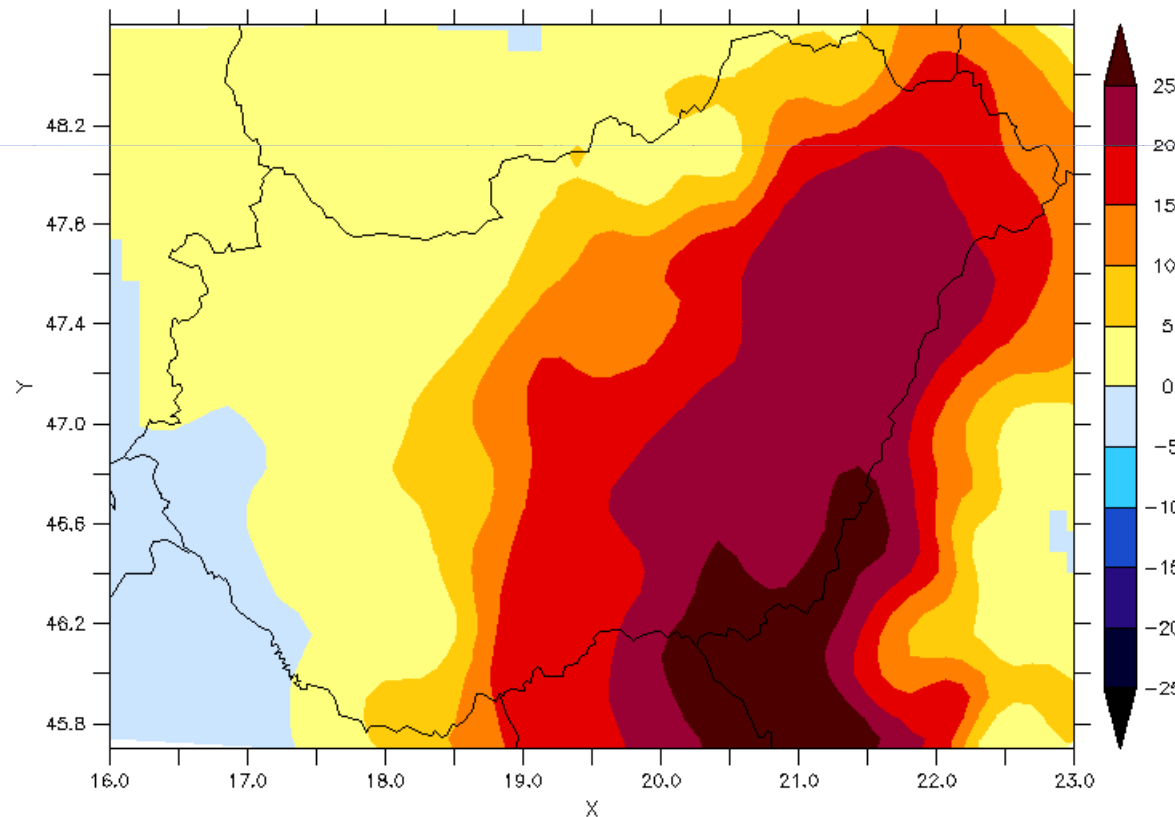
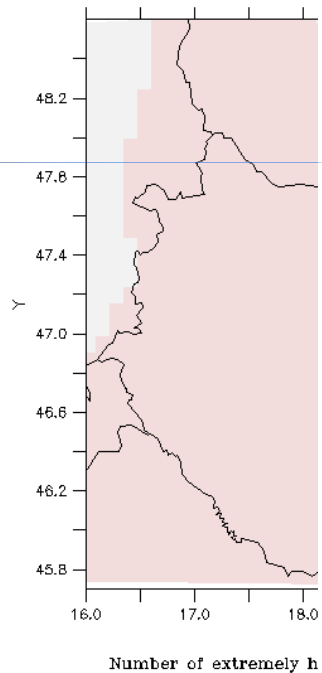


050, ALADIN_ARPEGE (days/year)



SZÉLSŐSÉGEK VÁLTOZÁSA (ALADIN/Climate, A1B, 2021–2050 vs. 1961–1990, forró napok – $T_{max} > 35^\circ$ – száma)

VÁLTOZÁS (NAP)



SZÉLSŐSÉGEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA

- A csapadékos jelenségek száma összességében kissé csökken
- A nagycsapadékos jelenségek némi növekedése (főleg az ország nyugati részén)
- A kiscsapadékos jelenségek némi csökkenése
- A „meleg” szélsőségek egyértelmű növekedése (főleg az ország keleti részében)
- A „hideg” szélsőségek egyértelmű csökkenése

Megjegyzés: ezek előzetes eredmények egy modell eredményei alapján (az A1B kibocsátási forgatókönyvvel)!!

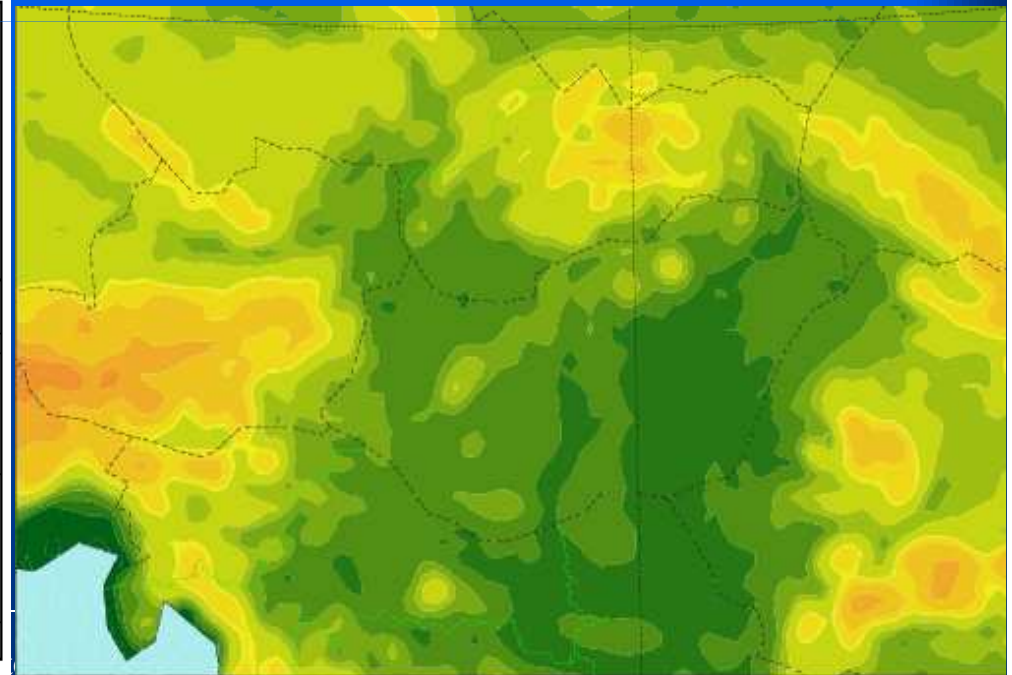
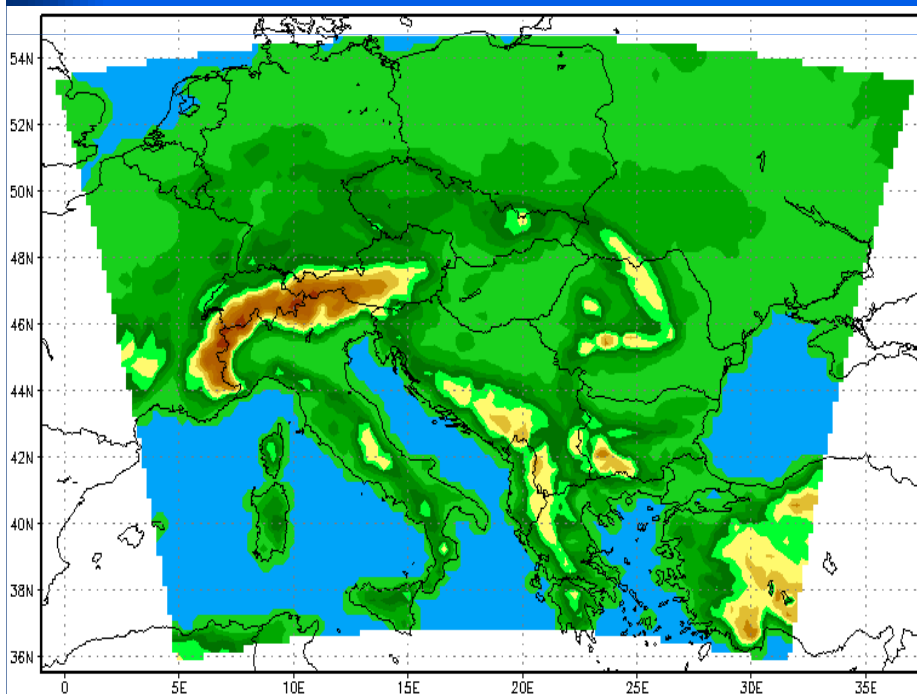
ÖSSZEFOGLALÁS, KITEKINTÉS

ÖSSZEFOGLALÁS, TANULSÁGOK

- Az éghajlat bonyolultsága miatt spekulatív módon nem jellemezhető és pláne nem jelezhető előre: az egyedül járható út a modellezés
- Az éghajlati modelleket (globális és regionális) nagy erővel fejlesztik, fejlesztjük
- Saját modellfuttatásaink állnak rendelkezésre a Kárpát-medence éghajlatának várható alakulása jellemzésére (és az eredmények használhatóak hatásvizsgálatok elvégzésére)

REGIONÁLIS KLÍMAMODELLJEINK

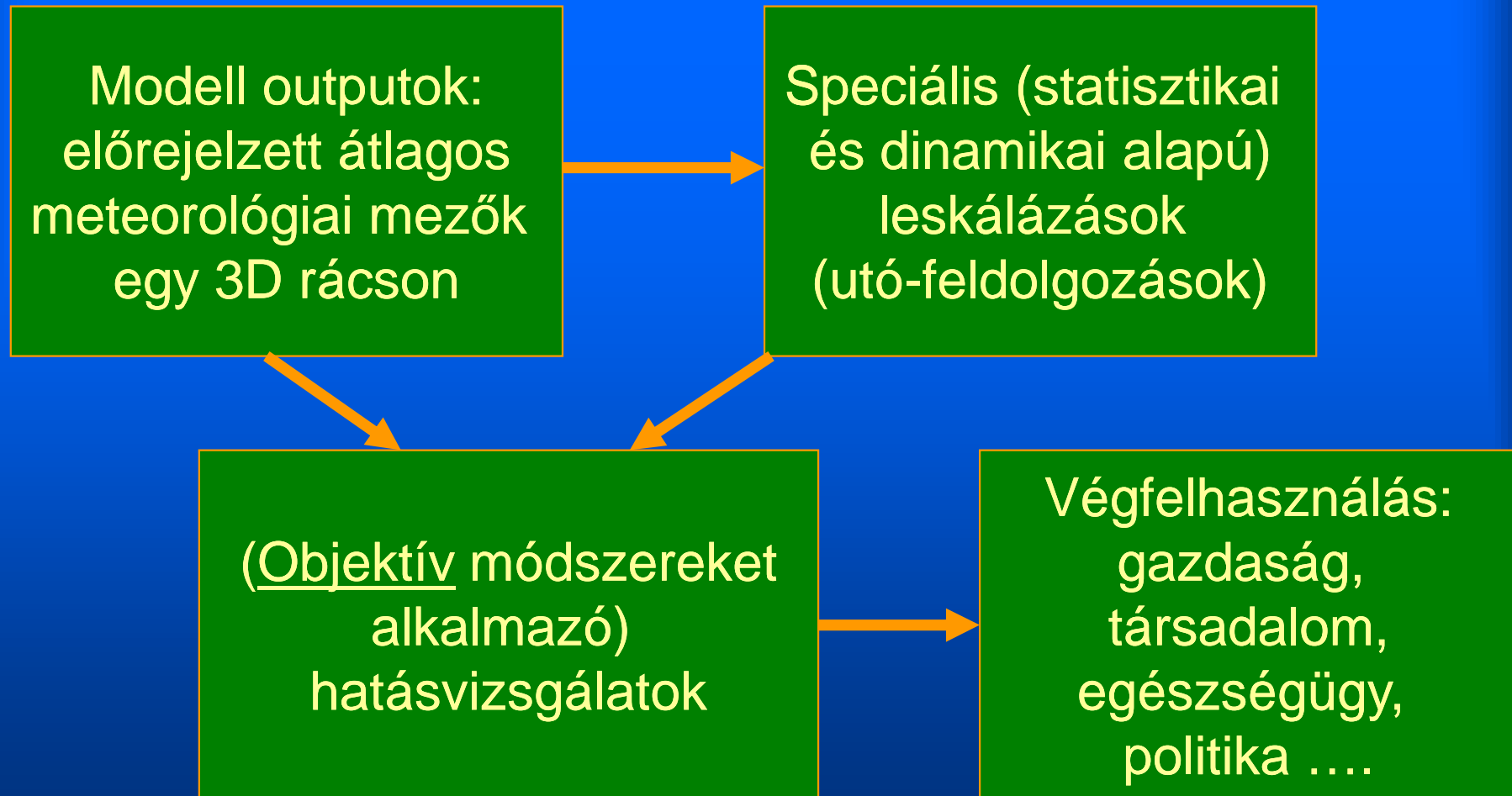
- Regionális klímamodelljeink rendelkezésre állnak a jövő éghajlatának (és az azokban rejlő bizonytalanságok) becslésére
 - REMO (A1B, 1951-2050, 25km)
 - ALADIN/Climate (A1B, 2021-2050, 2071-2100, 10km)



JELLENLEGI ISMERETEINK AZ ÉGHAJLAT KÁRPÁT-MEDENCÉRE VONATKOZÓ MEGVÁLTOZÁSÁRÓL

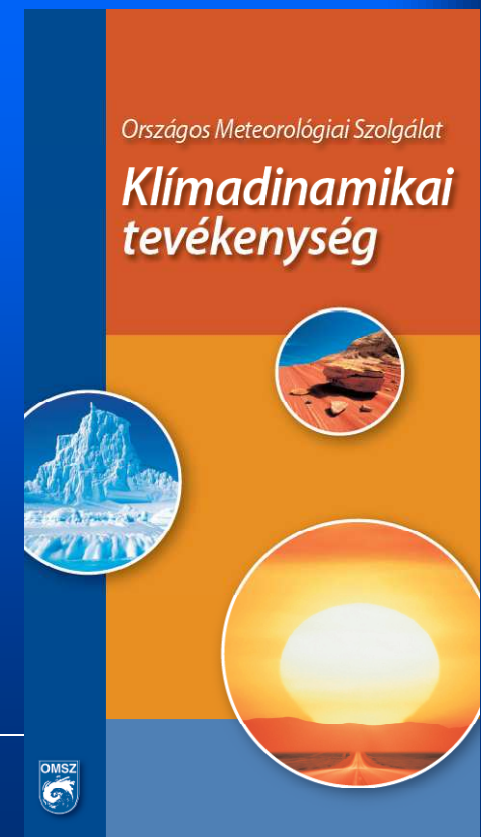
- Magyarországon az átlagnál nagyobb mértékű melegedés várható
- Hőmérséklet emelkedése: melegebb nyár és enyhébb tél (meglehetősen bizonyossággal)
- Csapadék éven belüli eloszlásának változása: nyári csökkenés, téli növekedés (NAGY bizonytalanság!!)
- Meleg szélsőségek és a nagy csapadékos szélsőségek növekedése várható

AZ ÉGHAJLATI MODELLEK EREDMÉNYEINEK FELHASZNÁLÁSA



TOVÁBBI INFORMÁCIÓ, KAPCSOLAT

- Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja (www.met.hu alatt „OMSZ”, „Szolgálatunkról”, „Szervezeti felépítés” vagy „Kutatás és fejlesztés”)
- Hazai és nemzetközi projektek honlapjai:
 - Nemzeti K+F projekt (NKFP): www.met.hu/palyazat/nkfp_klima2005.php
 - CECILIA EU projekt: www.cecilia-eu.org
 - CLAVIER EU projekt: www.clavier-eu.org
- Tudományos ismeretterjesztő kiadványok





***Köszönöm szépen
a figyelmet
és a meghívást!***

horanyi.a@met.hu