

**Reprezentatív adatbázisok előállítása  
klimatológiai vizsgálatokhoz,  
detektált hazai változások,  
kitekintéssel a Kárpát-régióra**

**Szentimrey Tamás, Lakatos Mónika, Bihari Zita**

Országos Meteorológiai Szolgálat

## **Miért kellenek reprezentatív megfigyelési adatbázisok?**

Az éghajlatra és változására vonatkozó alapvető információt a megfigyelési adatok hordozzák. **Ezekre épül:**

### MÚLT és JELEN éghajlatának kutatása

A múlt és jelen éghajlatának térbeli és időbeli vizsgálata, azaz a valószínűségi eloszlás és változásának becslése.

### A JÖVŐ éghajlatának előrejelzése

A numerikus modellezésnél: a modellek parametrizálása és validálása

### HATÁSOK és ALKALMAZKODÁS vizsgálata

***Mi van a felépítménnyel, ha nincs vagy gyenge az alap?***

## **Mi a probléma az adatokkal?**

A minőség szempontjából: adathiányok, mérési hibák, inhomogenitások (a mérőhálózat változásából következően)

A térbeli reprezentativitás szempontjából:

pontonkénti mérések, továbbá ezek és rácspontokra adott háttérinformációk (pl. radar, műhold, előrejelzési adatok) együttes kezelése.

# **Miért nincsenek jó minőségű megfigyelési adatbázisok?** (a nagyvilágban)

- Nem ismerik, illetve nem értik a problémákat.  
Általában úgy gondolják, hogy minden rendben van.
- Nem érdekli az „embereket” (média).
- Pocsék téma, nincs benne pénz.
- Ezekből következően, a nemzetközi adatpolitika.
- Továbbá, elmélet hiánya és gyenge matematika.  
Túlzott gyakorlati megközelítés és szemlélet.  
(Pedig: nincs királyi út!)

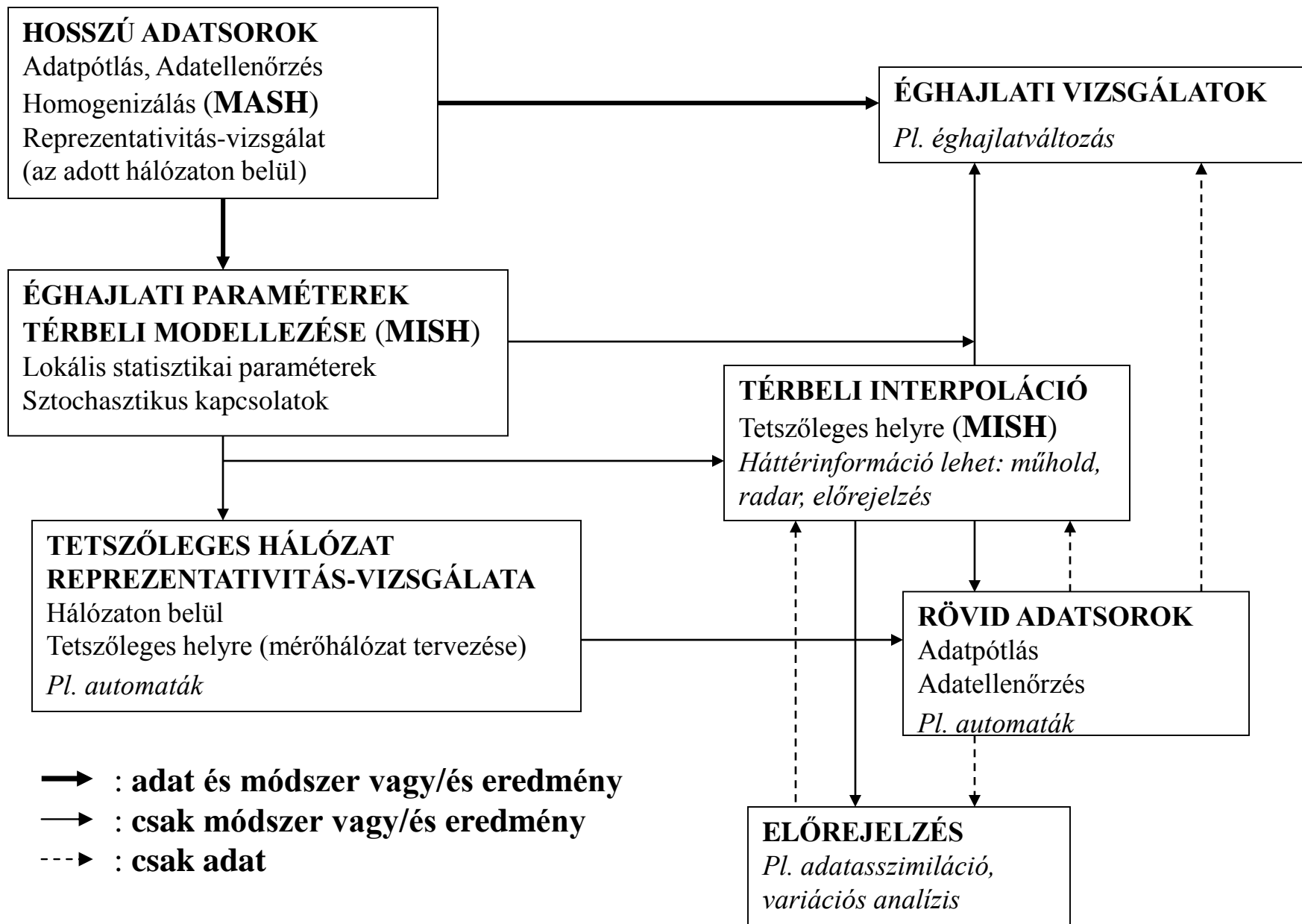
# Hogyan oldhatók meg a problémák?

Statisztikus klimatológiai eljárások szükségesek:

adatpótlás, adatellenőrzés, homogenizálás,  
interpoláció térben és időben, adatasszimiláció,  
rácsponti adatbázisok létrehozása.

Kulcskérdés: MATEMATIKA+SZOFTVER

# Témák, rendszerek kapcsolata



## A megoldás útja, módja és akadálya

A problémák jellege, aránya elvileg:

90% matematika, 10% meteorológia

A gyakorlatban alkalmazott módszereknél (barkácsolás):

90% meteorológia, 10% matematika

(A folyóiratok is tele rossz matematikával!)

A megoldáshoz jó matematikát kell, kellene csinálni!

Ehhez viszont matematikusok kellenének.

Megjegyzés (félreértés tisztázása):

Los Alamosban nem Groves ezredes csinálta az atombombát.

## Interpoláció és adatasszimiláció kapcsolata (egy kis matek)

$Z(\mathbf{s}_0, t)$ : prediktandusz;  $Z(\mathbf{s}_i, t)$  ( $i = 1, \dots, M$ ): prediktorok

$G(\mathbf{s}_0, t)$ : előrejelzés (háttérinformáció)

Interpoláció:  $\hat{Z}(\mathbf{s}_0, t) = \lambda_0 + \sum_{i=1}^M \lambda_i Z(\mathbf{s}_i, t)$

Adatasszimiláció (átírva), adatellenőrzés nélkül:

$$\hat{Z}_G(\mathbf{s}_0, t) = \hat{Z}(\mathbf{s}_0, t) + \mathbf{E} \left( Z(\mathbf{s}_0, t) - \hat{Z}(\mathbf{s}_0, t) \mid G(\mathbf{s}_0, t) \right)$$

Változó éghajlat esetén, az optimális interpolációs paraméterek:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^M \lambda_i (E(\mathbf{s}_0) - E(\mathbf{s}_i)) , \quad [\lambda_1, \dots, \lambda_M]^T = \mathbf{C}^{-1} \left( \mathbf{c} + \frac{(\mathbf{1} - \mathbf{1}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{c})}{\mathbf{1}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{1}} \mathbf{1} \right)$$



# MATEMATIKAI SZOFTVEREINK

<http://owww.met.hu/pages/seminars/seeera/downloads.htm>

## **MASHv3.03**

(Multiple Analysis of Series for Homogenization; *Szentimrey, T.*)

**Állomás adatsorok homogenizálása, ellenőrzése és pótlása**

## **MISHv1.03**

(Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis; *Szentimrey, T. and Bihari, Z.*)

**Földfelszíni meteorológiai adatok interpolációja**

# **Lehet matematika nélkül is!**

## **Például:**

- homogenizálás: egy primitív módszer, vagy semmi
- adatellenőrzés: tegyük fel, hogy jók
- adatpótlás: legközelebbi létező állomásadat
- interpoláció: inverz távolság módszere

**De: ez semmit sem ér!**

Használni persze lehet, sőt publikálni is!  
(ez a gyakorlat)

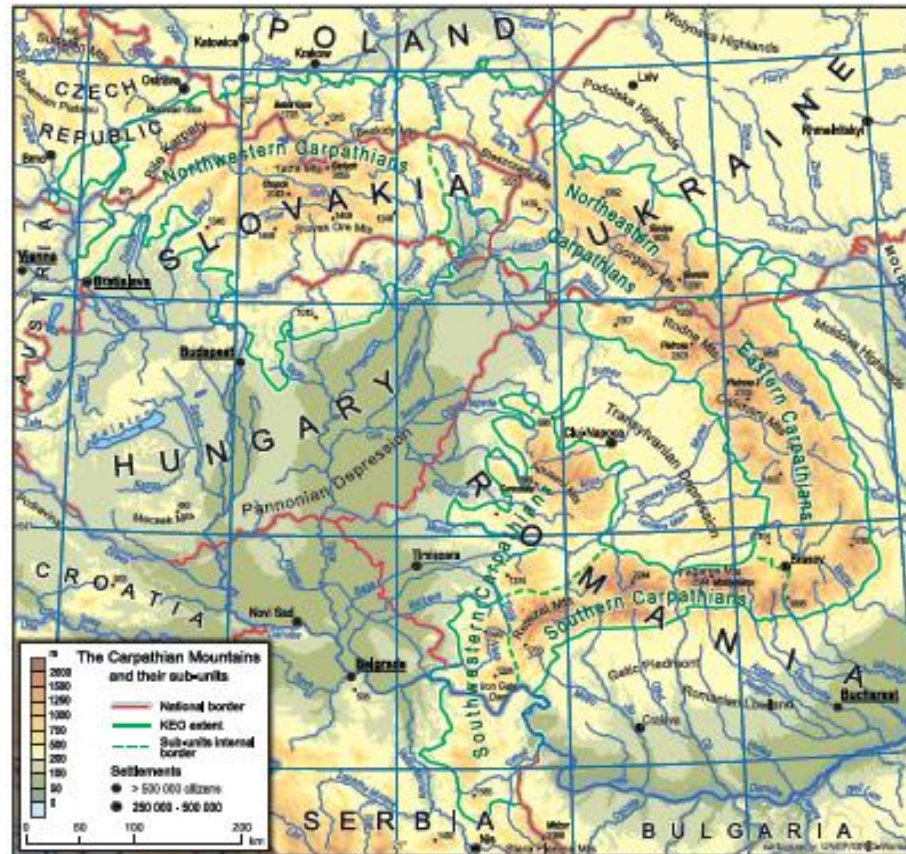
# **CARPATCLIM projekt**

## **A projekt célja és háttere:**

- Rácsponti adatbázis létrehozása a Kárpát-régióra
- JRC (European Commission Joint Research Centre) tendert írt ki 2010-ben
- A nyertes konzorcium:  
10 intézmény 9 országból, vezetője az OMSZ

# A CARPATCLIM projekt fő célja:

Rácsponyi adatbázis létrehozása a Kárpát-régióra



## **A statisztikai módszertan lényege**

1. Állomás adatsorok homogenizálása, ellenőrzése és pótlása
2. A homogenizált, ellenőrzött, pótolta adatsorok interpolációja rácspontokba (gridding)

### **Ez alapvetően:**

- matematika!
- algoritmusok
- szoftverek (MISH-MASH)

## Időbeli felbontás

Napi griddingelt (interpolált) adatsorok az 1961-2010-es időszakra (18262 nap)

## Célterület és térbeli felbontás (kb. 500 000 km<sup>2</sup>)

44°N- 50°N szélességek, és 17°E-27°E hosszúságok között, kivéve Bosznia

Térbeli felbontás: 0.1° x 0.1° (≈ 10x10 km) rácsrendszer (grid)

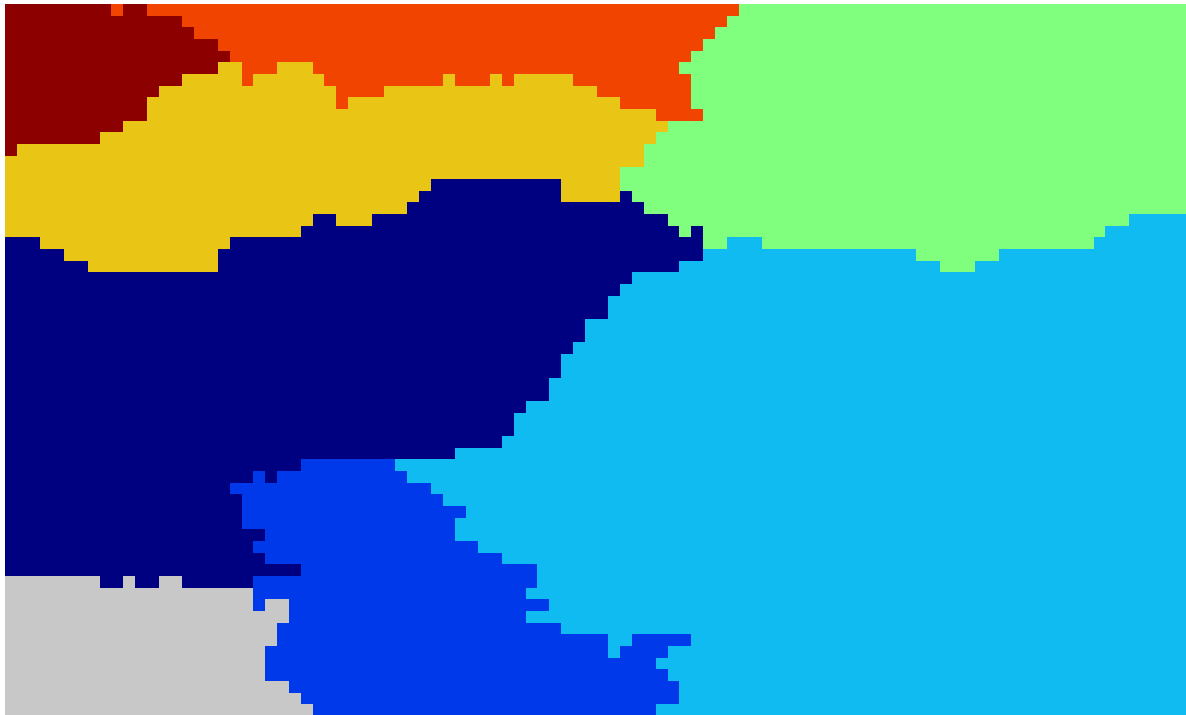
Rácspontok száma: 5895 = 6161 (teljes téglalap) – 266 (Bosznia)

## 12 meteorológiai elem

<i>Variable</i>	<i>Description</i>	<i>units</i>
<i>Ta</i>	<i>2 m mean daily air temperature</i>	<i>°C</i>
<i>Tmin</i>	<i>Minimum air temperature</i>	<i>°C</i>
<i>Tmax</i>	<i>Maximum air temperature</i>	<i>°C</i>
<i>p</i>	<i>Accumulated total precipitation</i>	<i>mm</i>
<i>DD</i>	<i>10 m wind direction, Degrees</i>	<i>0-360</i>
<i>VV</i>	<i>10 m horizontal wind speed</i>	<i>m/s</i>
<i>Sunshine</i>	<i>Sunshine duration</i>	<i>hours</i>
<i>cc</i>	<i>Cloud cover</i>	<i>tenths</i>
<i>Rglobal</i>	<i>Global radiation</i>	<i>MJ/m2/day</i>
<i>RH</i>	<i>Relative humidity</i>	<i>%</i>
<i>p vapour</i>	<i>Surface vapour pressure</i>	<i>hPa</i>
<i>p air</i>	<i>Surface air pressure</i>	<i>hPa</i>

**A rácsponti adatbázis létrehozása országonként, párhuzamosan történt, de ugyanazon módszerekkel, szoftverekkel: MASH és MISH.**

**A prediktor országok:** Magyarország és Horvátország (1), Szerbia (2), Románia (3), Ukrajna (4), Szlovákia (5), Lengyelország (6), Csehország (7)



**A célterület és a rácspontok prediktor országonként (kivéve Bosznia)**

# A fő lépések egy meteorológiai elemre

## 1. Modul

- Határmenti adatcsere homogenizálás előtt
- Adatsorok homogenizálása országonként (**MASH**)
- Határmenti adatcsere homogenizálás után
- Adatharmonizáció ellenőrzése (**MASH**)

## 2. Modul

- Interpoláció rácsra (gridding) országonként (**MISH**), felhasználva a határmenti cserélt adatokat
- Az országonként griddingelt sorok egybeszerkesztése



# 1. Megjegyzés

Az 1. Modul Outputja a 2. Modul Inputja

# 2. Megjegyzés

- Az adatpolitika miatt:  
országokénti végrehajtás
- De a jó minőség és a harmonizáció érdekében:
  - i, határmenti adatcsere
  - ii, közös módszerek, MASH, MISH szoftverek

# CARPATCLIM Official site

<http://www.carpatclim-eu.org>



**Köszönöm a figyelmet!**



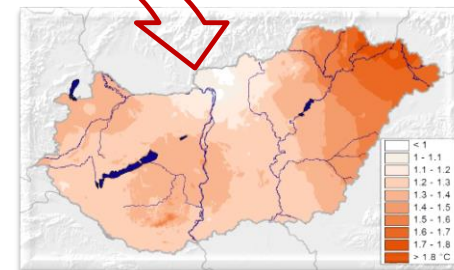
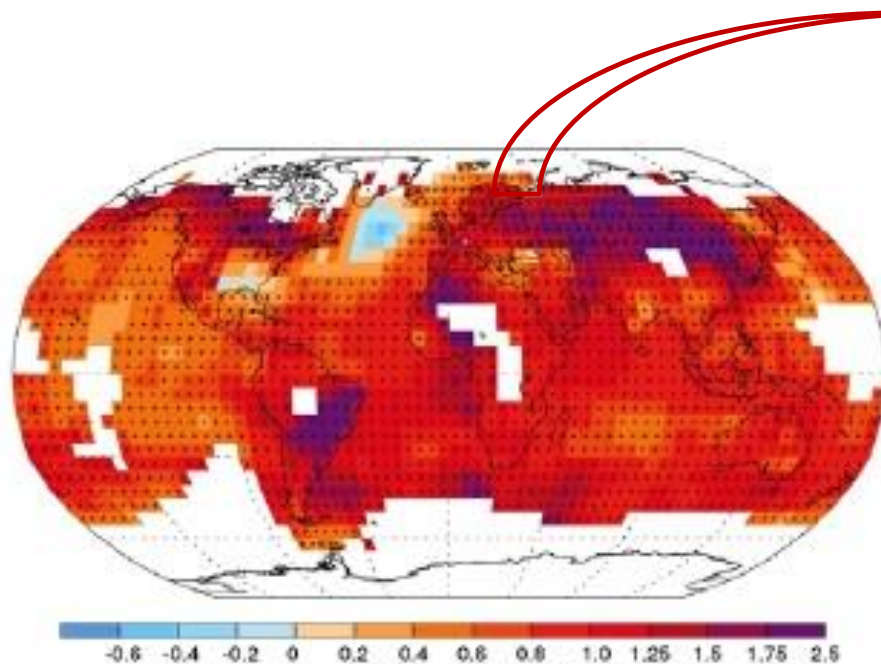
## Detektált hazai változások, kitekintéssel a Kárpát-régióra



*Alapítva: 1870*



# Globális felszíni átlaghőmérséklet emelkedés 1901-től, IPCC AR5

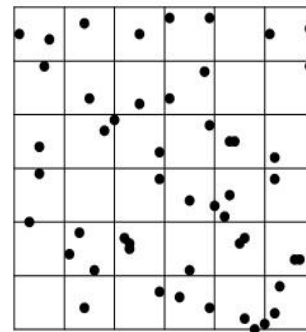
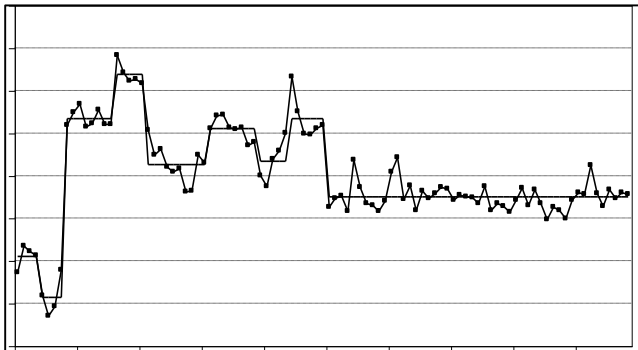


A legutóbbi 30 év melegedése

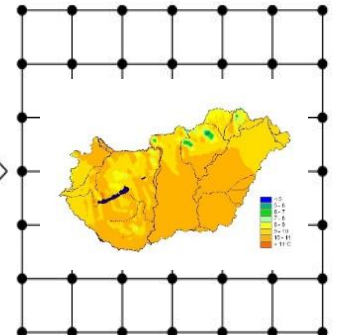
A változás térben nem egyenletes, regionális vizsgálatokra van szükség

# Hazai változások

elemzések alapja: homogenizált, interpolált országos átlagok / ➡ **NÉS2**



GRIDDING



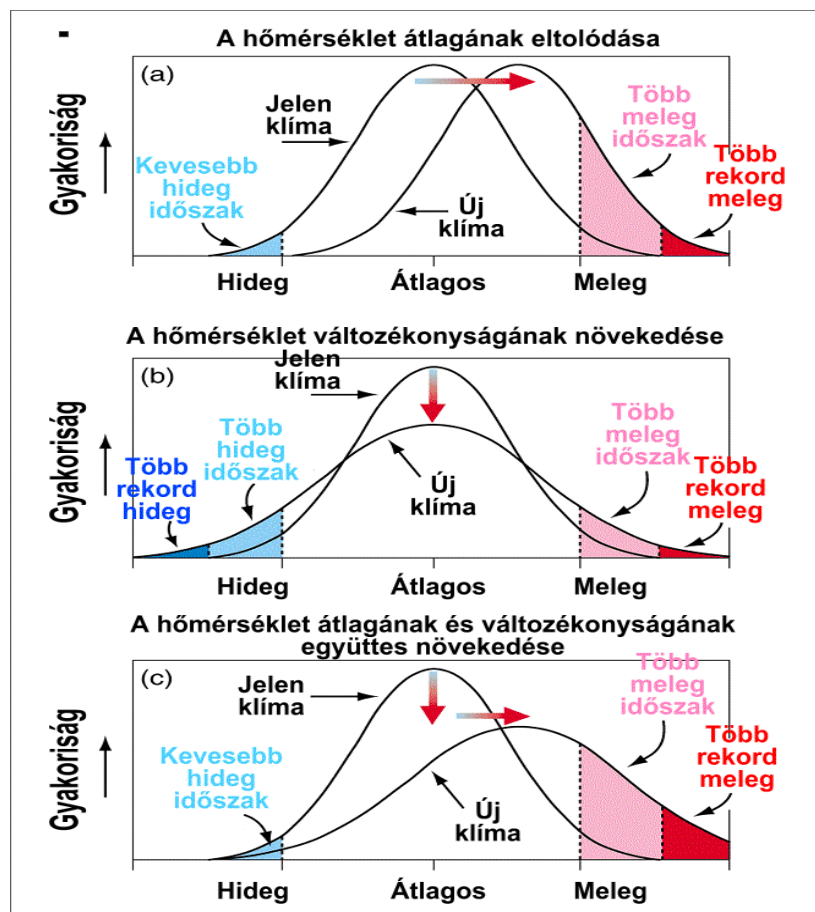
# Mi az éghajlatváltozás?

---



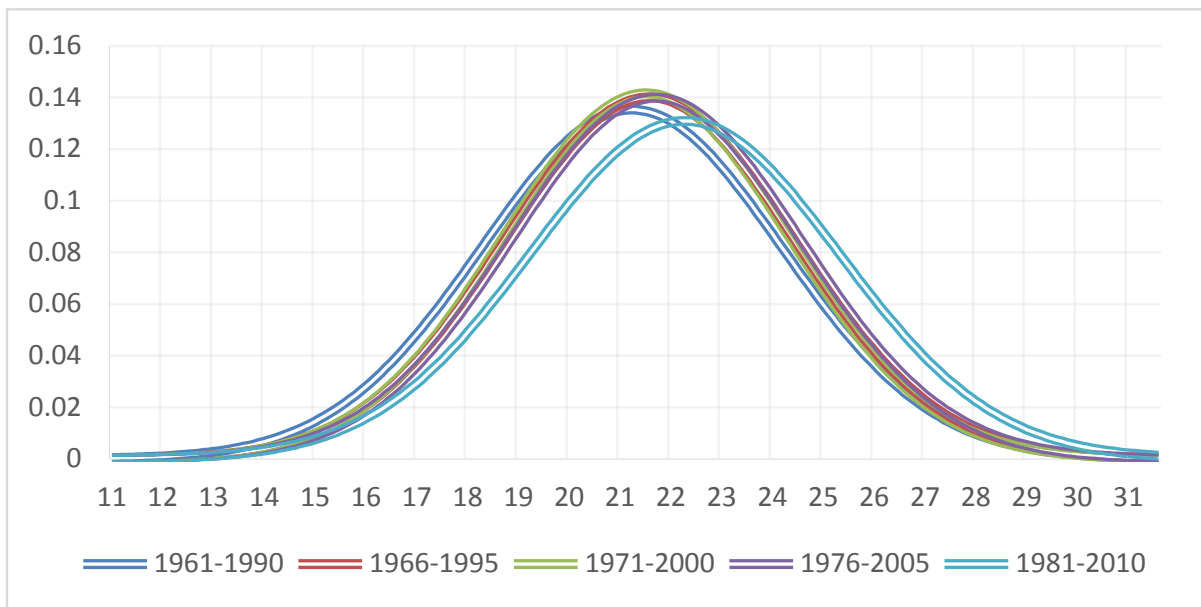
- ▶ **Éghajlat:** az éghajlati rendszer által „elégé hosszú”, de véges időszak alatt felvett állapotok **statisztikai sokasága** (WMO def.)
- ▶ **Éghajlatváltozás:** fokozatos, hosszú időn át tartó, egyirányú **eltolódás az éghajlat statisztikai jellemzőiben**, amelynek mértéke a korábbi állapothoz való viszonylag gyors visszatérést már nem teszi lehetővé
- ▶ az éghajlati elemek **valószínűségi eloszlásának** feltételezhetően lassú **változásával** egyezik meg

# Éghajlat változás = valószínűségi eloszlás függvény megváltozása





# Júliusi napi középhőmérsékletek



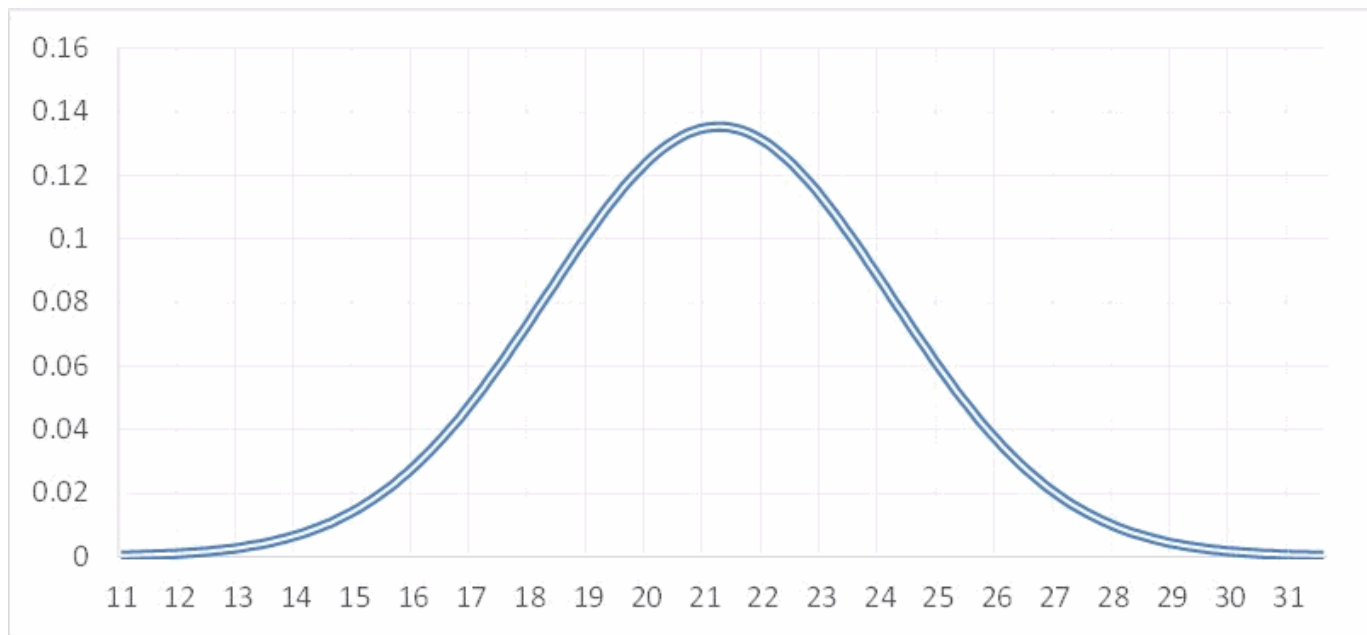
1961-1990

1966-1995

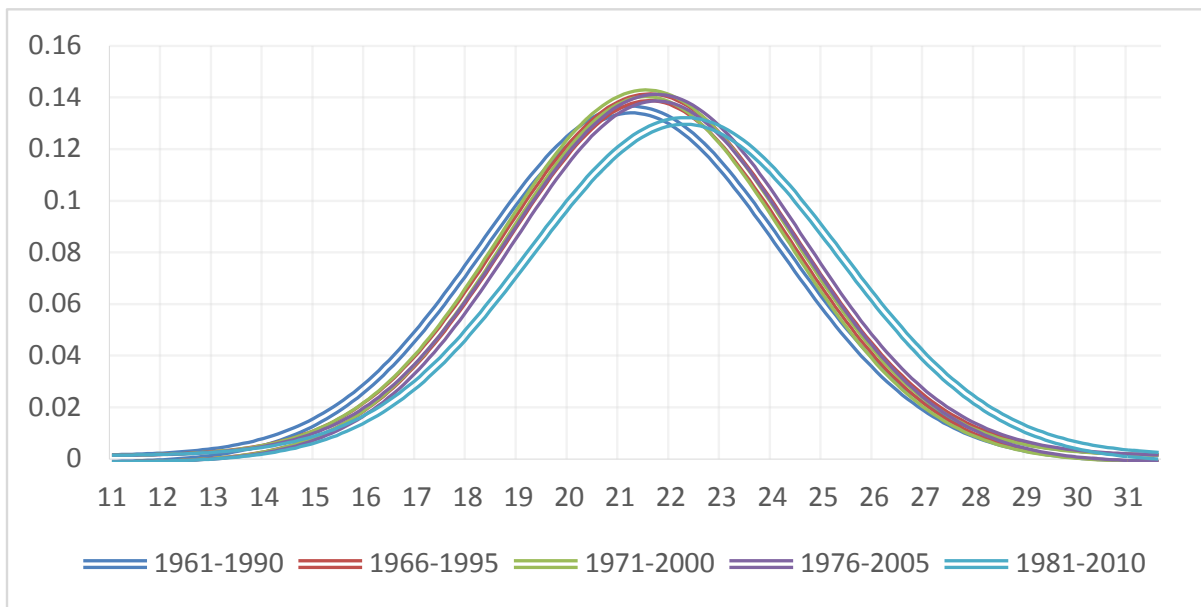
1971-2000

1976-2005

1981-2010



# Júliusi napi középhőmérsékletek



m	σ
21.235	2.949
21.576	2.848
21.517	2.817
21.714	2.851
22.277	3.048

1961-1990

1966-1995

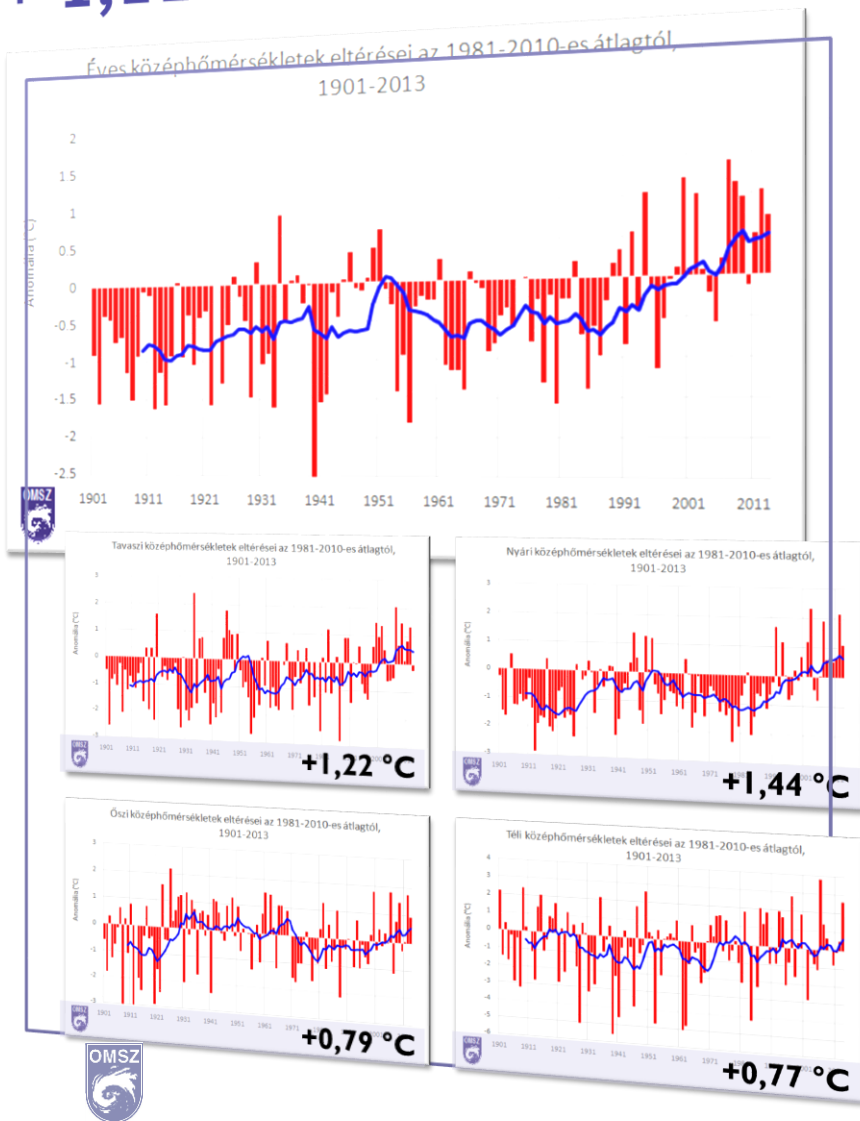
1971-2000

1976-2005

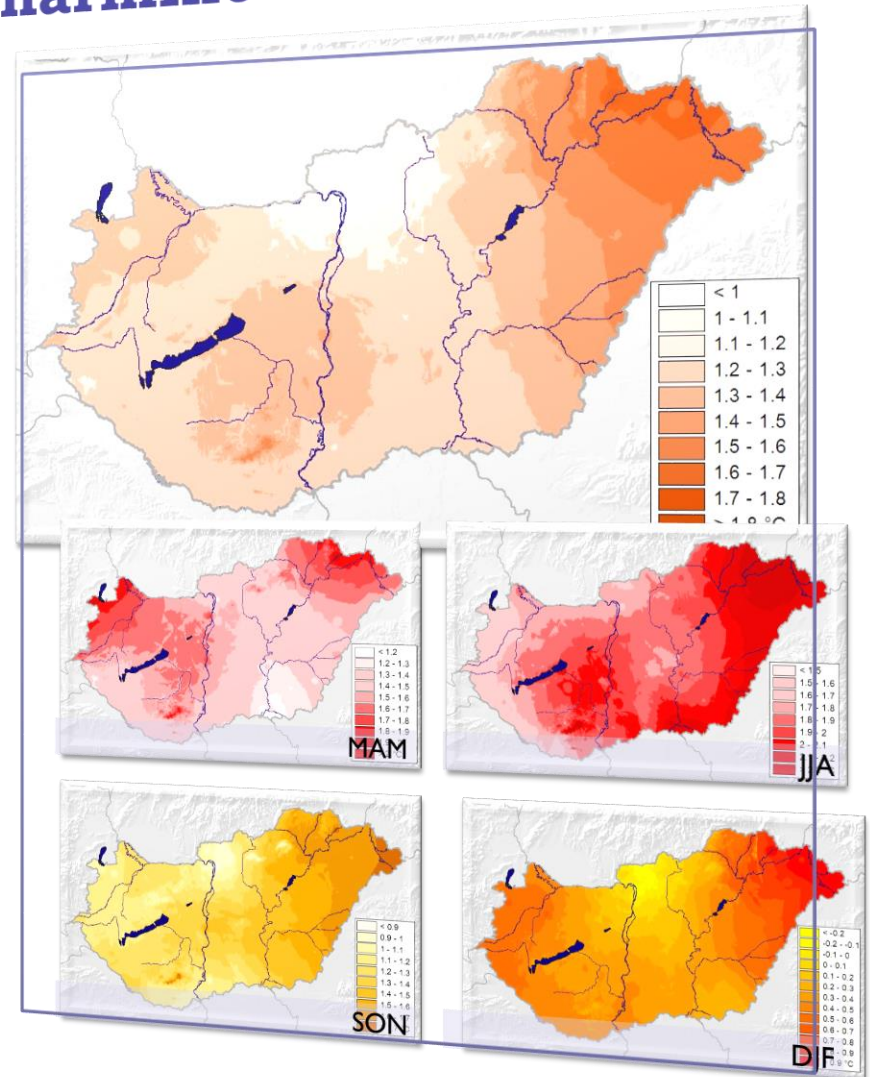
1981-2010

# Átlagos hőmérséklet és csapadék változások Magyarországon

# Hőmérsékleti anomáliák 1901-től, + 1,11°C



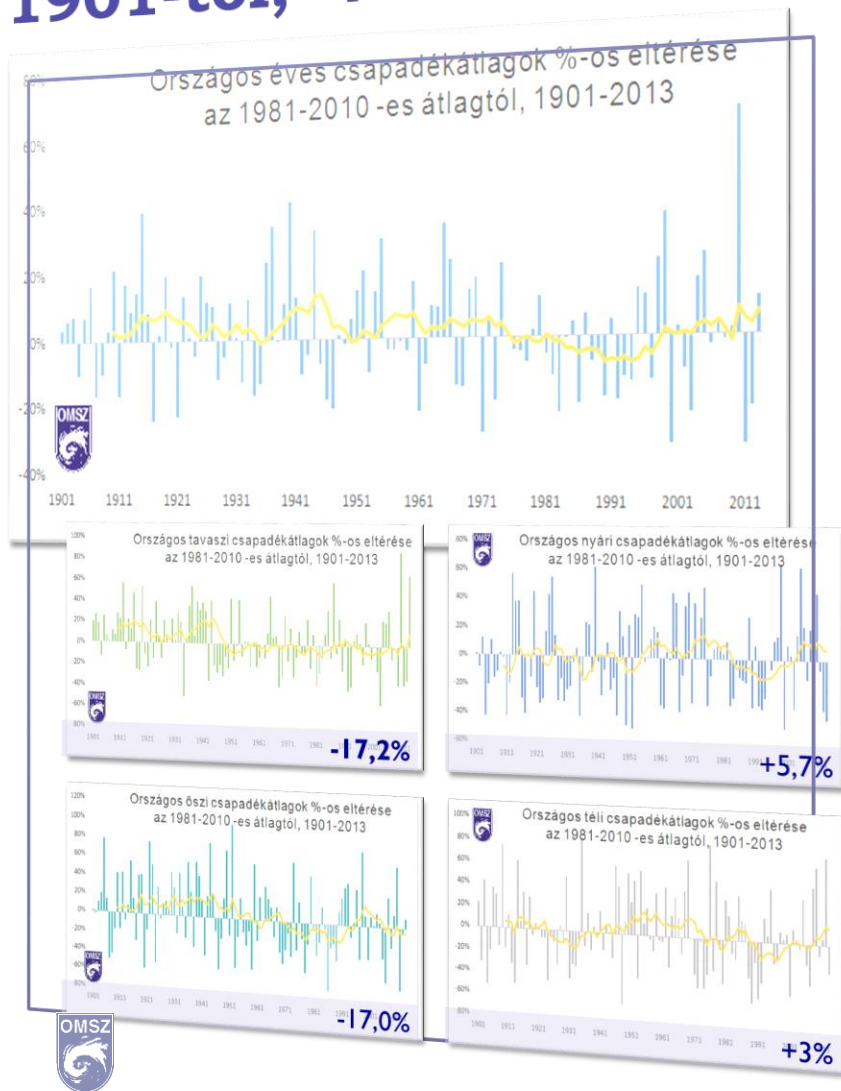
# Változás a legutóbbi harminc évben



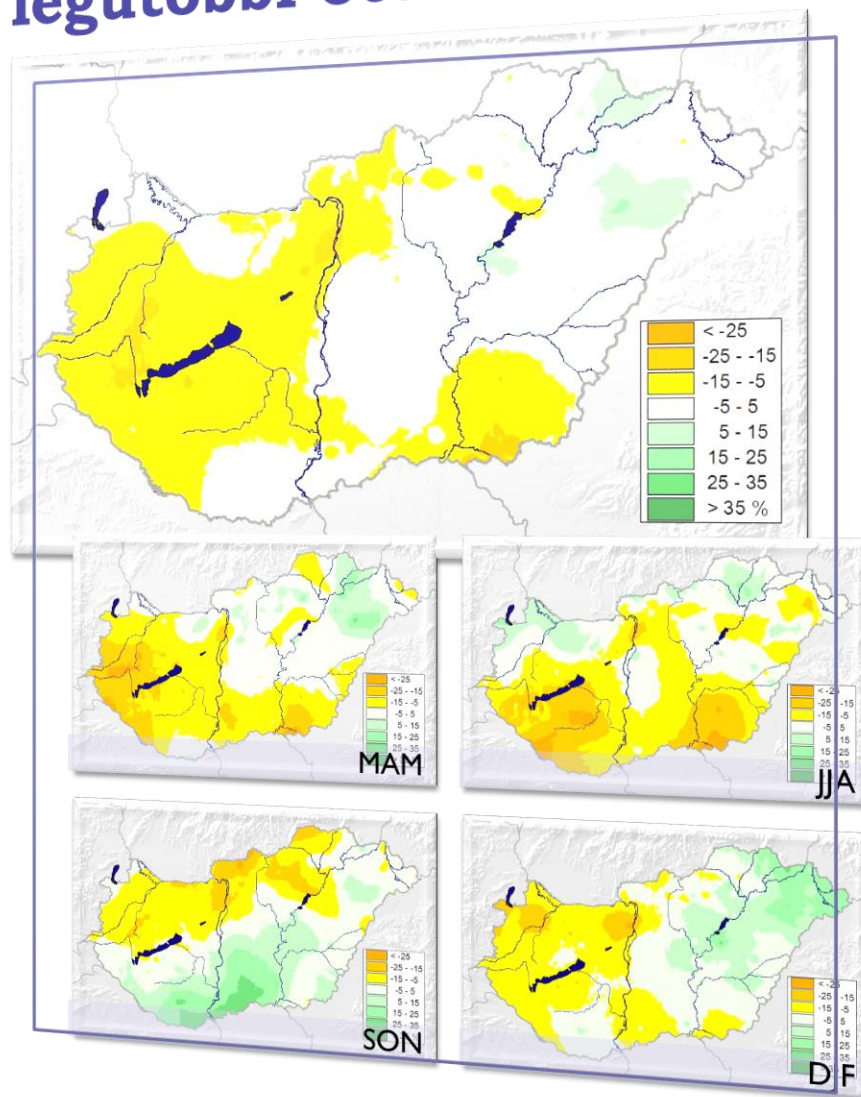
# Éves és évszakos hőmérsékleti változások (°C) konfidencia intervallumokkal

	év	tavaszi	nyár	ősz	tél
1901-2013	1.11 (0.75, 1.48)	1.22 (0.64, 1.82)	1.44 (0.94, 1.93)	0.79 (0.19, 1.39)	0.77 (0.02, 1.52)
1981-2013	1.35 (0.75, 1.95)	1.04 (0.42, 2.37)	2.05 (2.25, 2.86)	1.0 (0.11, 1.89)	1.21 (-0.52, 2.94)

# Csapadék anomáliák 1901-től, -7%



# Csapadék változások a legutóbbi ötven évben



# Éves és évszakos csapadék változások (%) konfidencia intervallumokkal

	év	tavaszi	nyár	ősz	tél
1901- 2013	-6.8 (-14.5, 1.63)	<b>-17.2</b> <b>(-28.2, -4.6)</b>	5.7 (-9.7, 23.6)	-17.2 (-32.6, 1.7)	3.0 (-14.6, 24.2)
1981- 2013	12.7 (-5.7, 34.8)	8.9 (-20.5, 49.3)	11.4 (-15.6, 47.1)	11.2 (-25.3, 65.6)	16.1 (-16.9, 62.2)



# Éghajlati szélsőségek alakulása a változó klímában

# Extrémumok változásának detektálása: klímaindexek használata

## Extrém hőmérsékleti klímaindexek

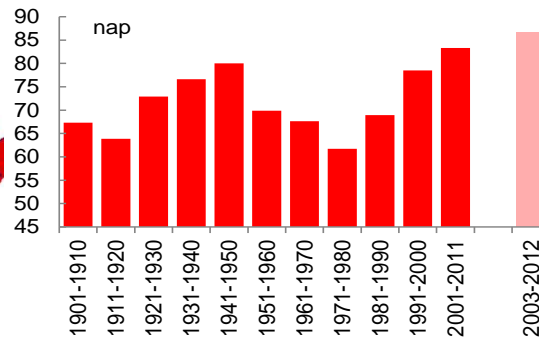
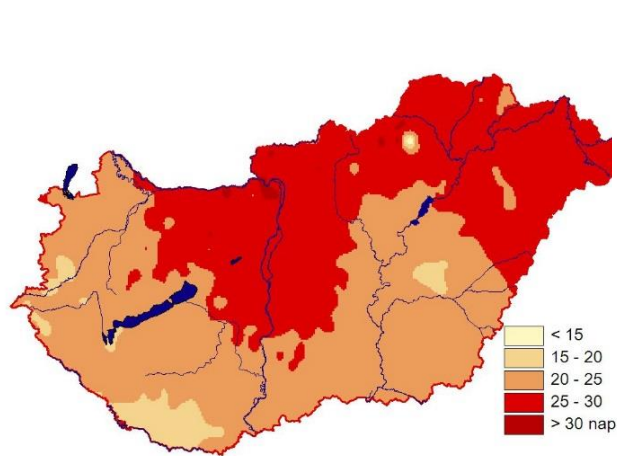
Meghatározása, jele	Definíciója	Mértékegység
Nyári napok száma (TX25)	napi maximum $> 25$ °C	nap
Fagyos napok száma (DTN0)	napi minimum $< 0$ °C	nap
Forró napok száma (TX30)	napi maximum $\geq 30$ °C	nap
Trópusi éjszakák (TN20)	napi minimum $\geq 20$ °C	nap
Hőhullámos napok száma (TA25)	napi középhőmérséklet $> 25$ °C	nap
Meleg hullám (HWDI)	leghosszabb, legalább 5 napos időszak, amikor napi maximum $> 1961-90$ -es normál	nap
Hideg nappalok (TX10p)	napi maximum $<$ a hozzá tartozó 1961-1990-es 10%-os percentilis	%
Meleg nappalok (TX10p)	napi maximum $>$ a hozzá tartozó 1961-1990-es 90%-os percentilis	%
Hideg éjszakák (TN10p)	napi minimum $<$ a hozzá tartozó 1961-1990-es 10%-os percentilis	%
Meleg éjszakák (TN90p)	napi minimum $>$ a hozzá tartozó 1961-1990-es 90%-os percentilis	%
Átlagos napi hőingás (DIUR)	napi maximum és minimum különbsége	°C

# Extrémumok változásának detektálása: klímaindexek használata

## extrém csapadék klímaindexek

<b>meghatározása, jele</b>	<b>definíciója</b>	<b>mértékegység</b>
csapadékos napok száma (RR1)	napi csapadékösszeg $\geq 1\text{mm}$	nap
átlagos napi csapadékosság (SDII)	csapadékos napok átlagos csapadéka	mm/nap
száraz periódus hossza (CDD)	leghosszabb száraz időszak, a napi csapadékösszeg $< 1\text{mm}$	nap
nedves periódus hossza (CWD)	leghosszabb nedves időszak, a napi csapadékösszeg $\geq 1\text{mm}$	nap
napi összeg $\geq 20\text{mm}$	napi csapadékösszeg $\geq 20\text{ mm}$	nap
maximális 1 napos csapadékösszeg (RX1day)	legnagyobb 1 nap alatt lehullott csapadék mennyiség	mm
maximális 5 napos csapadékösszeg (RX5day)	legnagyobb 5 nap alatt lehullott csapadék mennyiség	mm
erősen csapadékos napok csapadékösszege az éves csapadék %-ában (R95pTOT)	éves összeg hány %-a hullott az erősen csapadékon (napi összeg $> a$ hozzá tartozó 95%-os percentilis	%

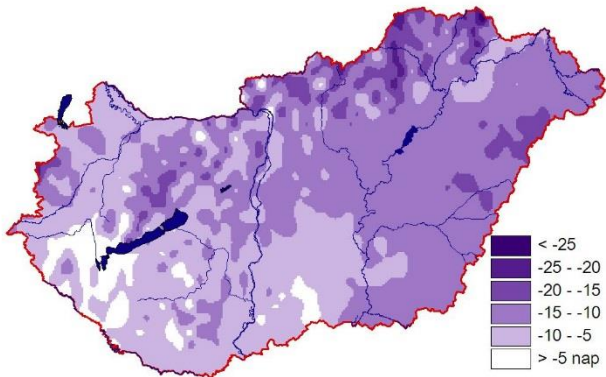
# Extrém hőmérsékleti indikátorok változása 1901-től és a térbeli trend: 1981-2012



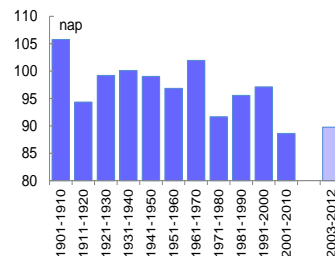
Nyári napok:  $T_{max} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

+ 11 nap

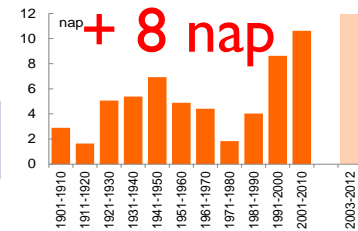
Fagyos napok:  $T_{min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$



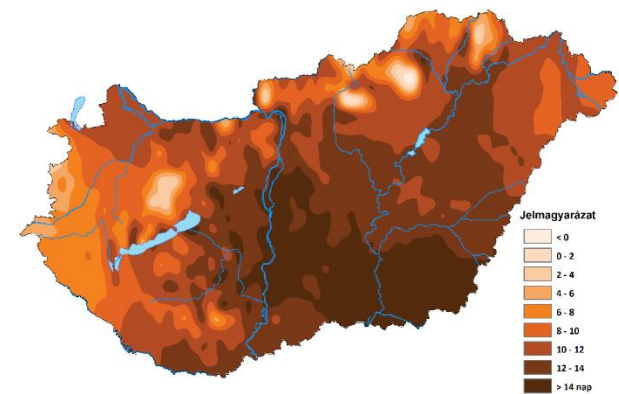
- 10 nap



Hőhullámos napok:  $T_{közép} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

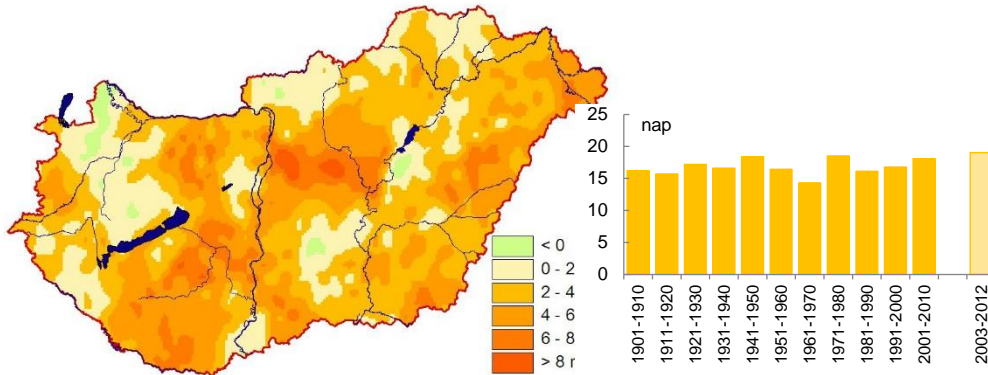


+ 8 nap

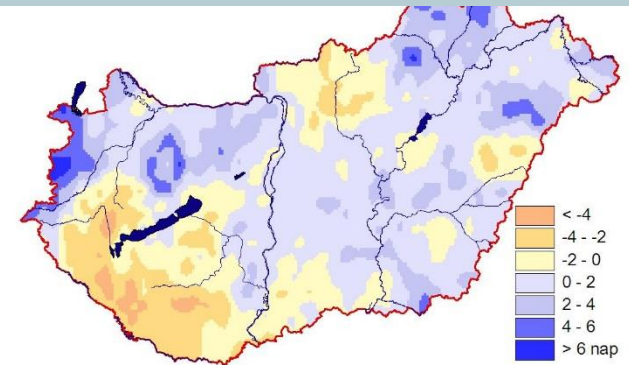


# Extrém csapadék indikátorok változása 1901-től és a térbeli trend: 1981-2012

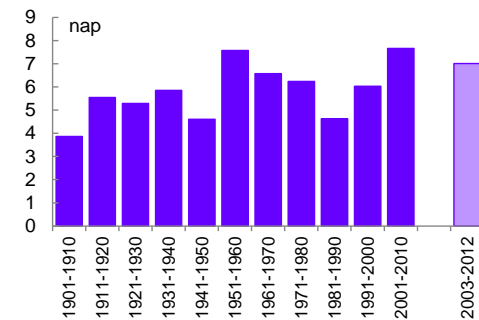
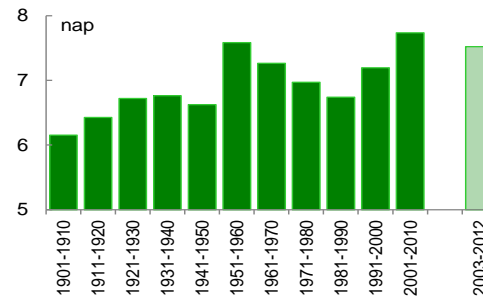
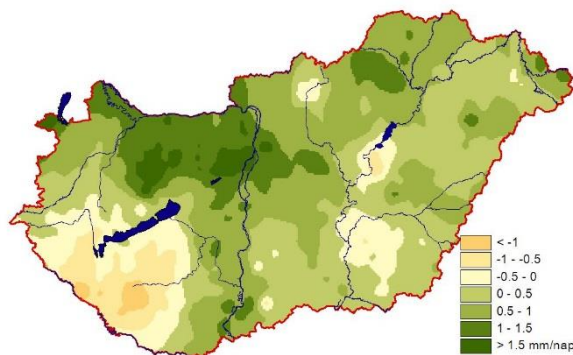
## Leghosszabb száraz időszakok hossza/tavaszi



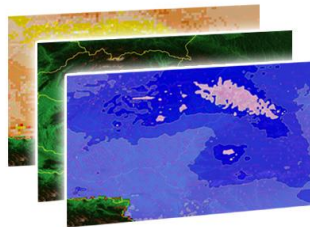
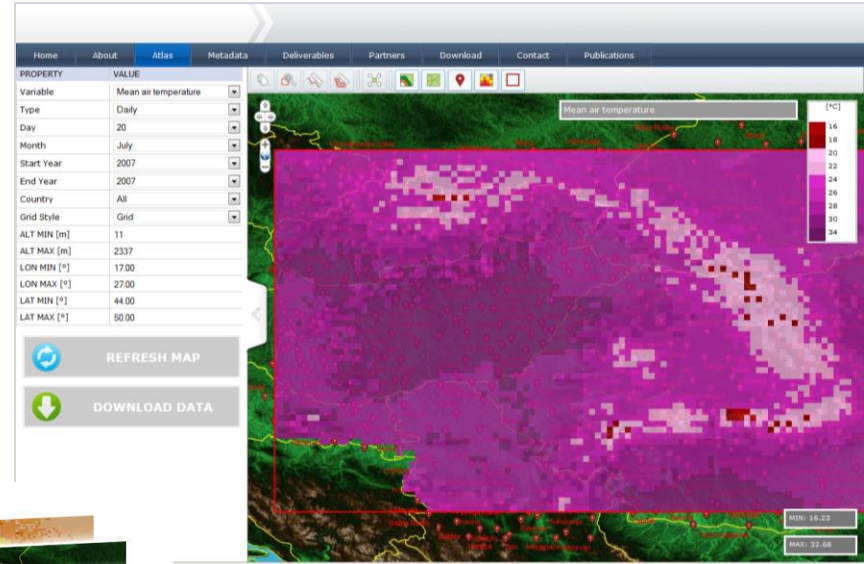
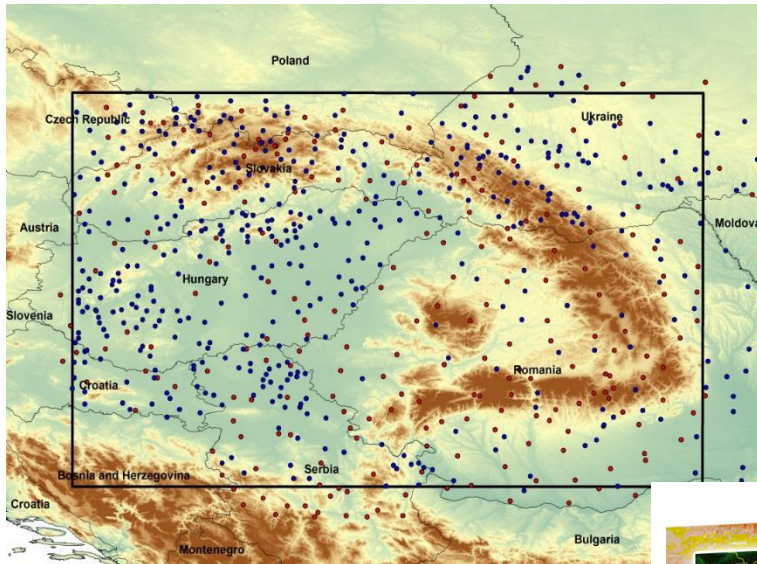
## 20 mm fölötti csapadékú napok/ nyár



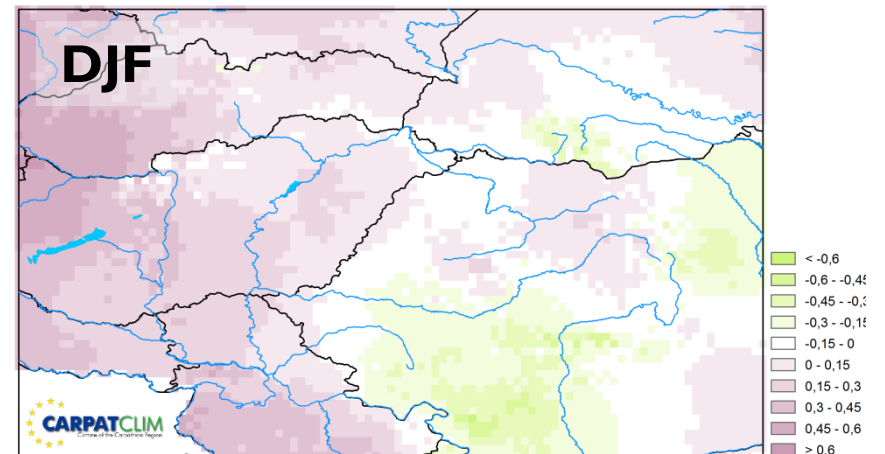
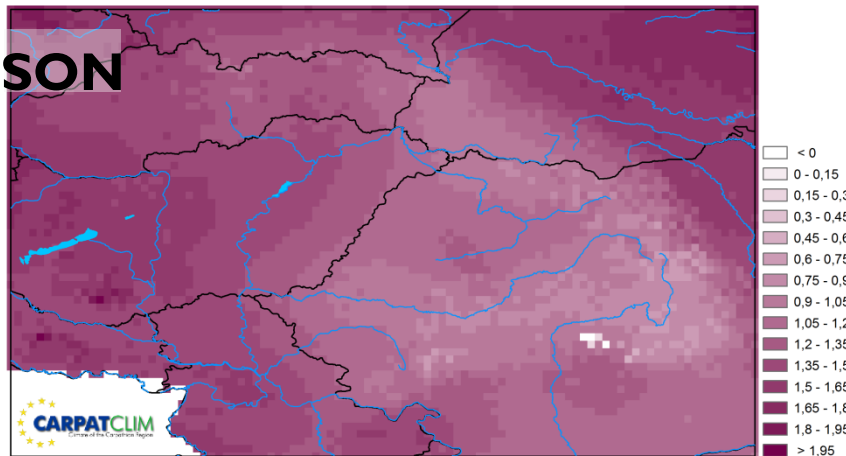
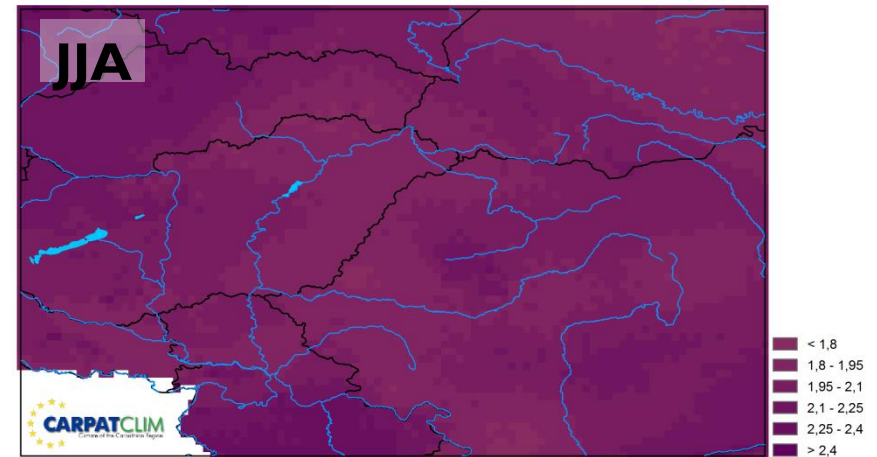
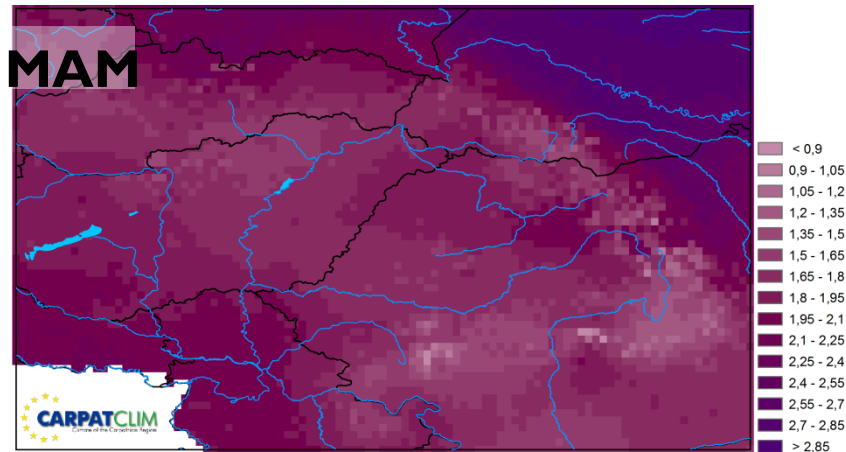
## Nyári intenzitás (mm/nap)



# Tágabb környezetünkben tapasztalható változások – kitekintés a Kárpát-régióra

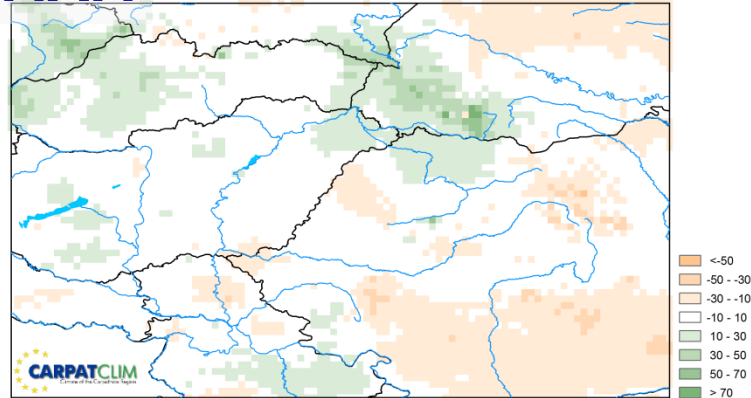


# Hőmérsékleti változások, 1961-2010

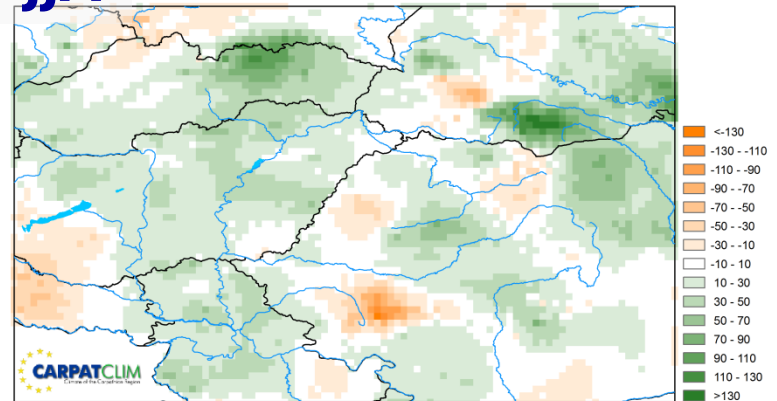


# Évszakos csapadék változások, 1961-2010

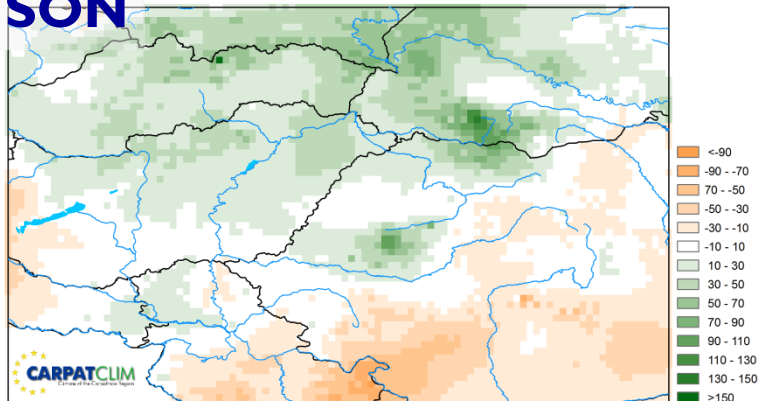
**MAM**



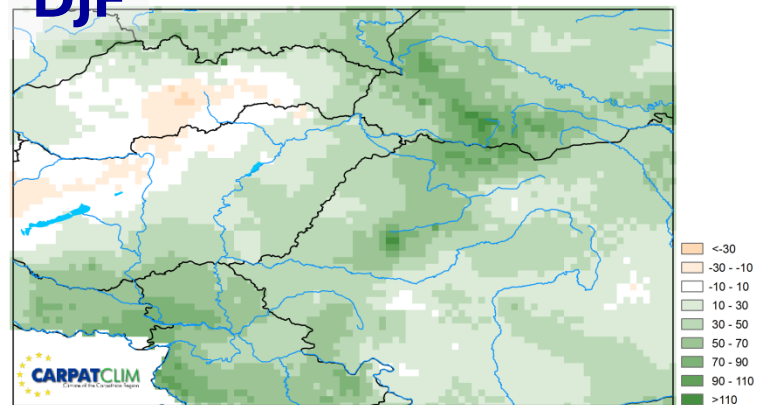
**JJA**



**SON**



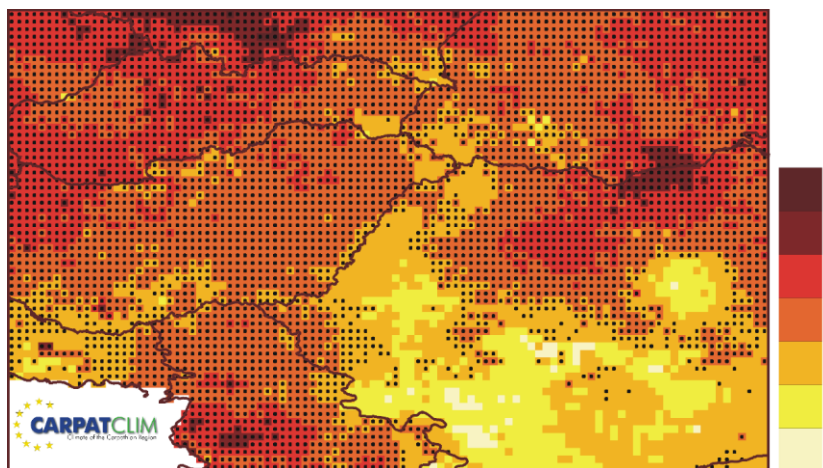
**DJF**



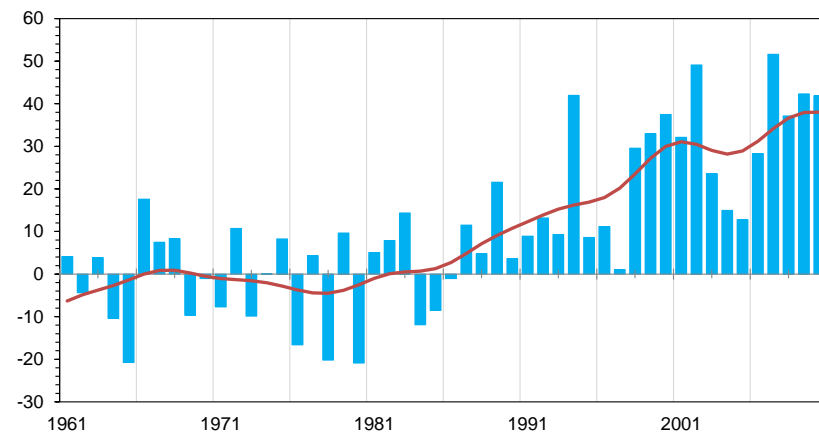
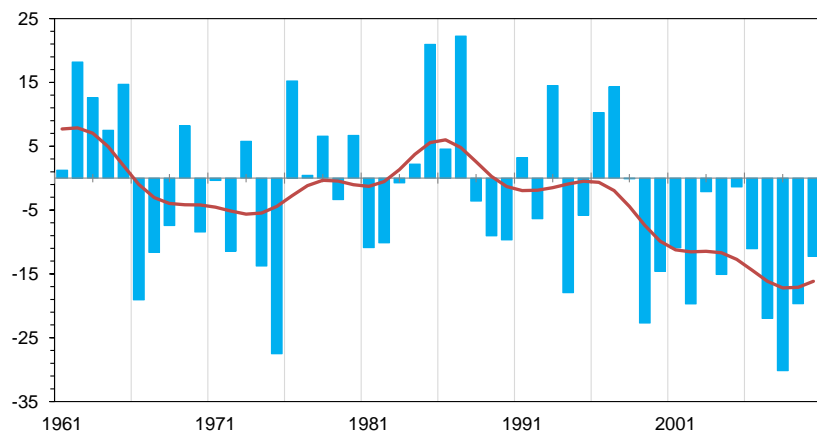
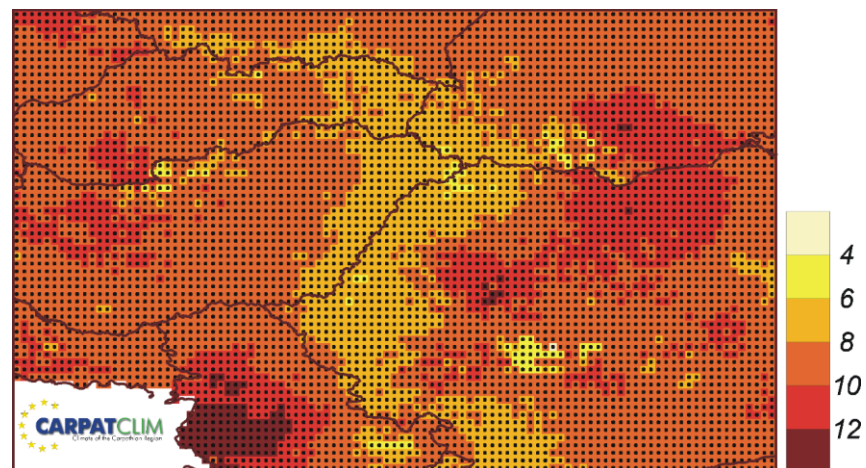


# Szélsőségek változása a Kárpát-régióban

## Hideg éjszakák (cool nights)

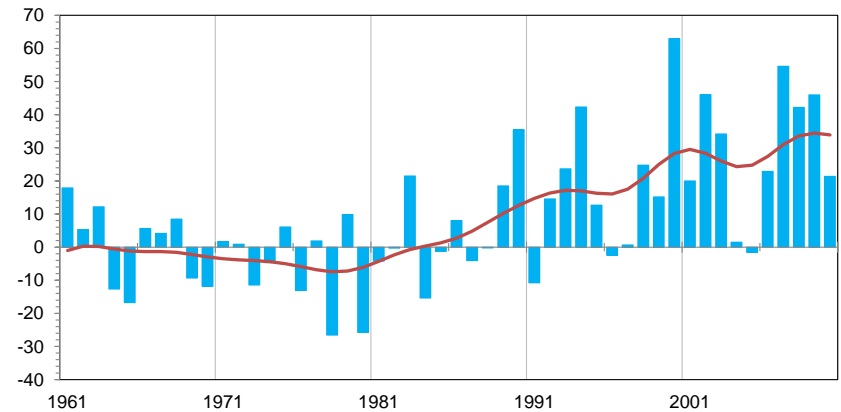
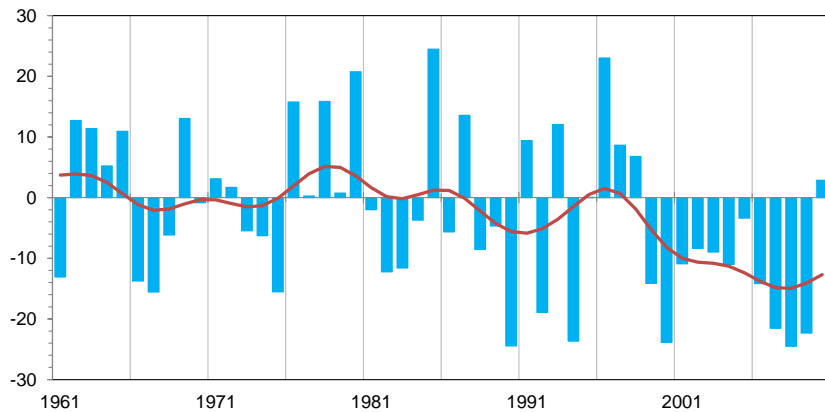
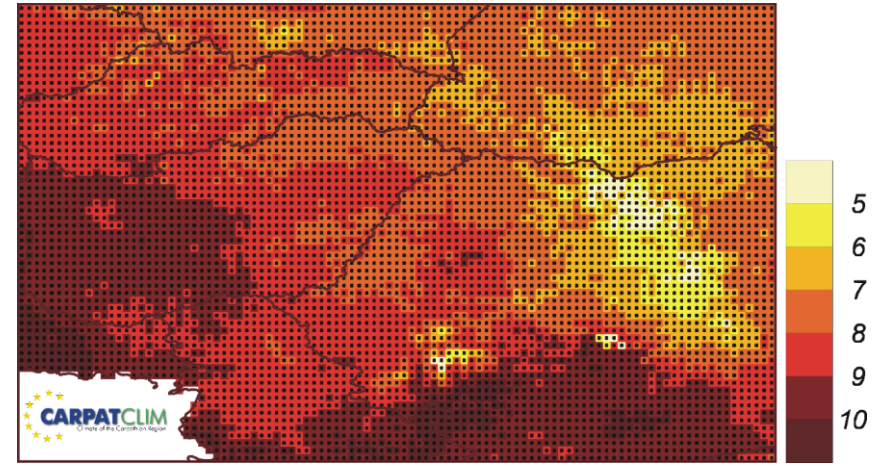
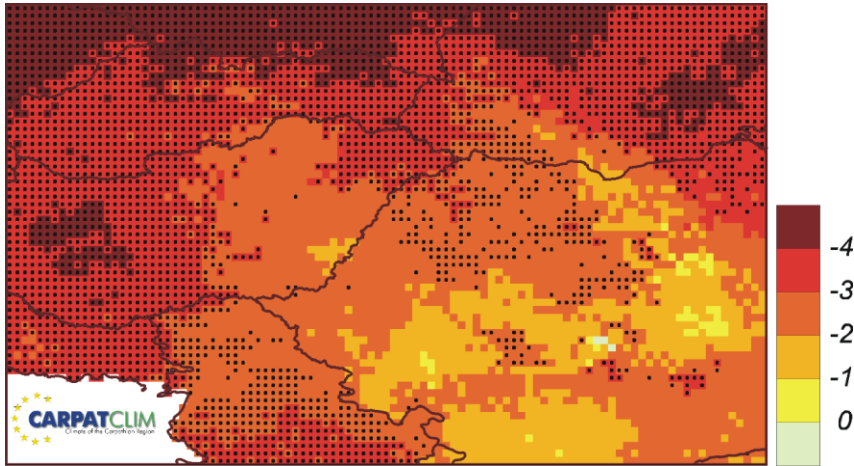


## Meleg éjszakák (warm nights)



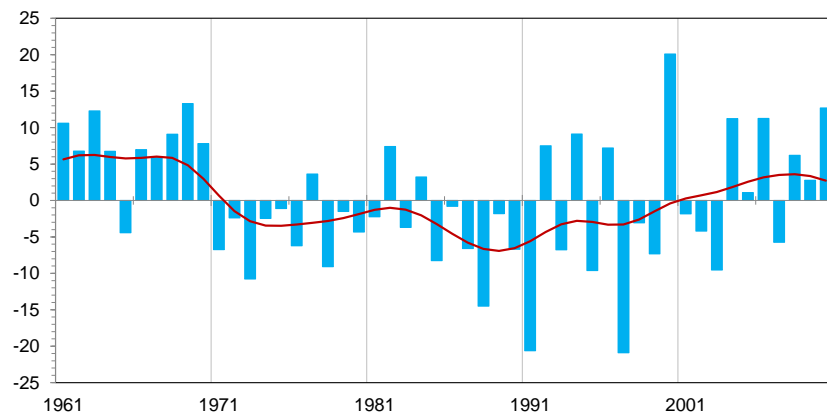
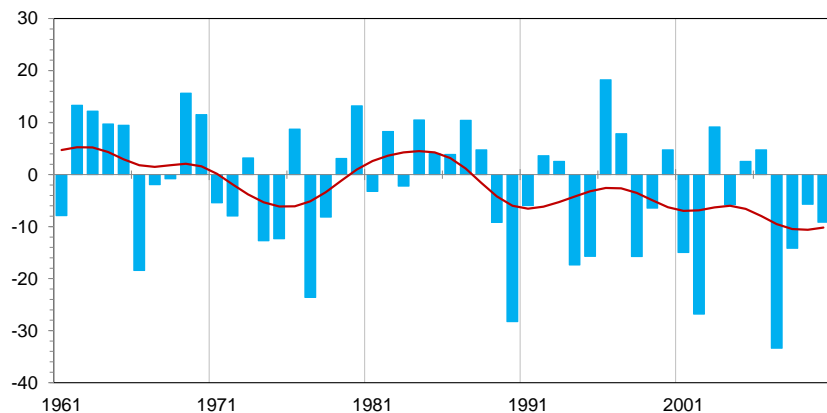
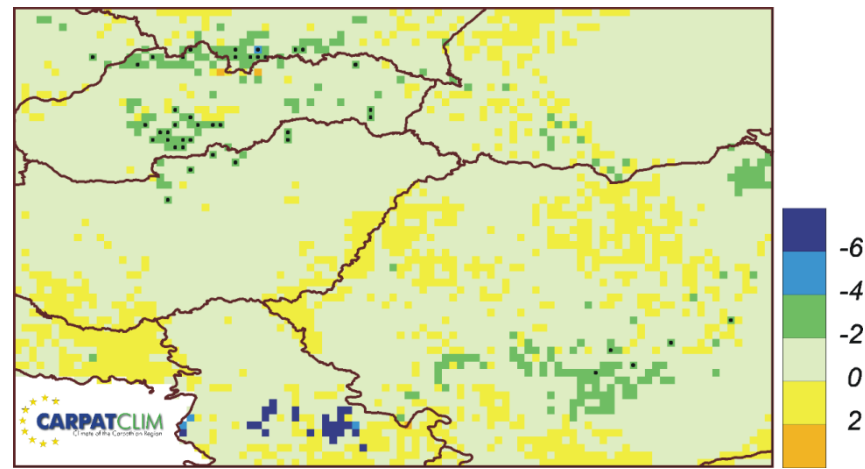
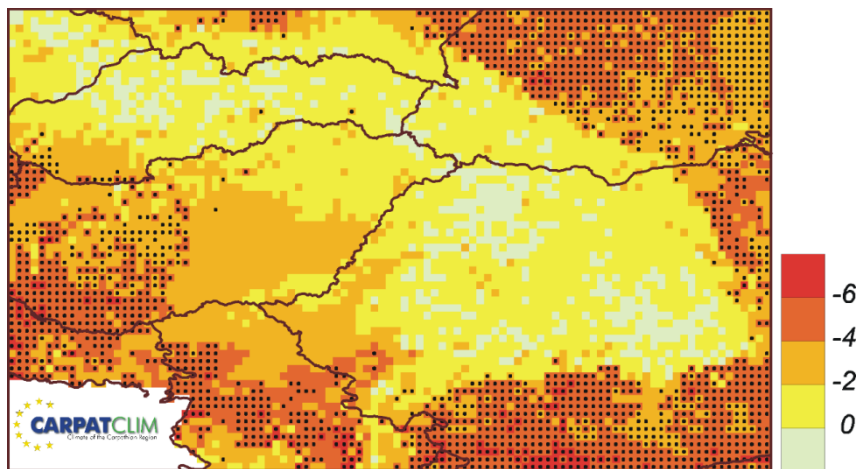
# Hideg nappalok (cool days)

# Meleg nappalok (warm days)



# Vegetációs időszak (5°C) kezdete

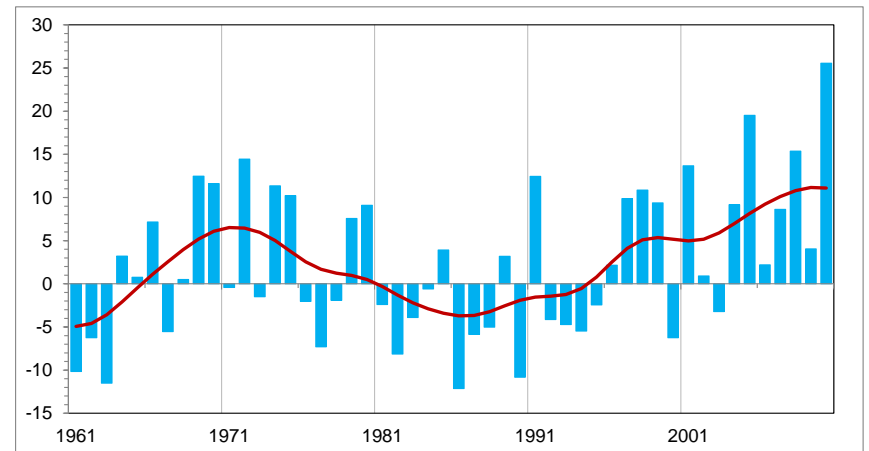
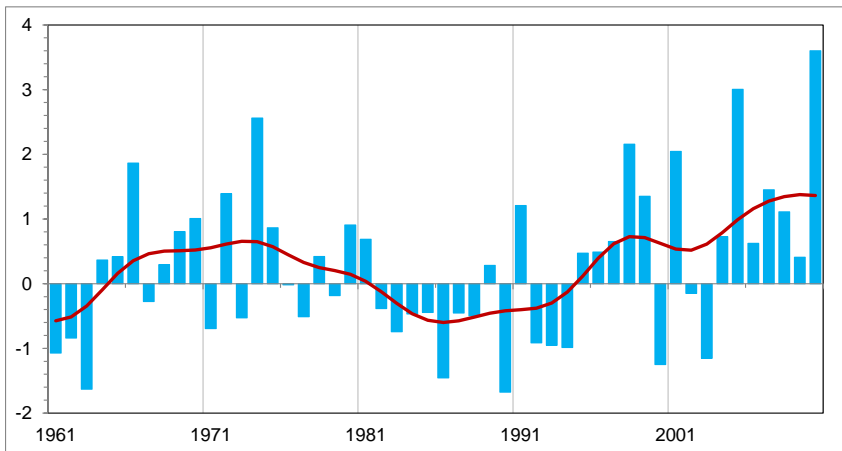
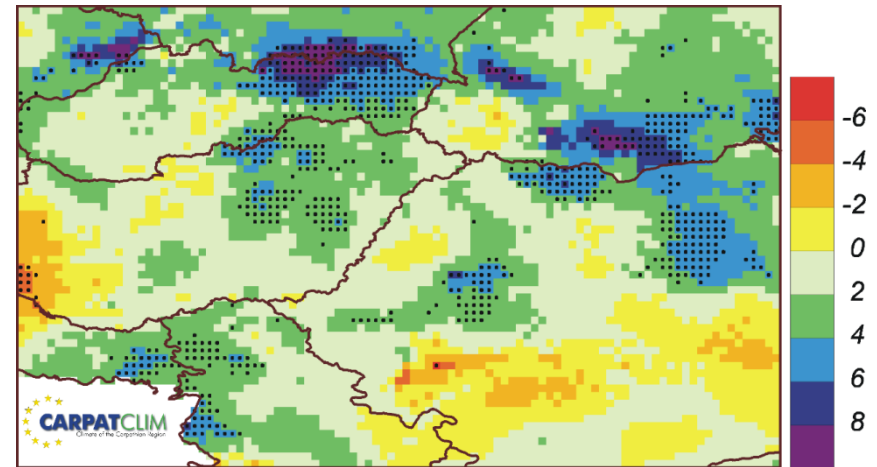
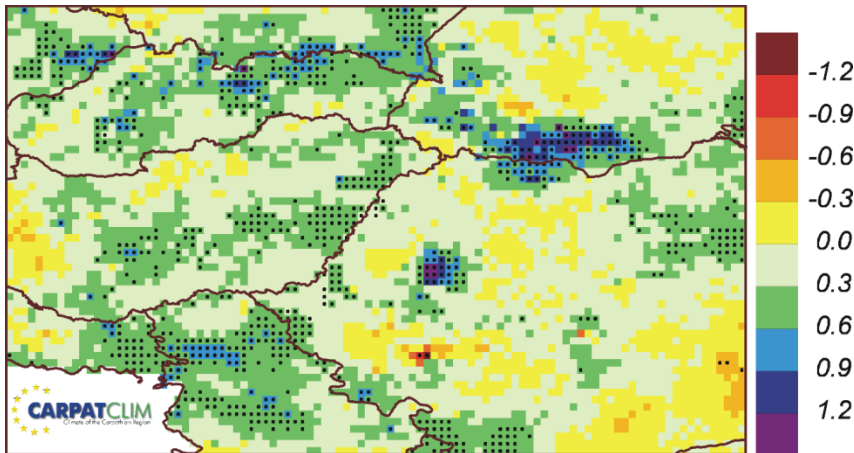
# Vegetációs időszak (5°C) vége



<b>Hőmérsékleti klímaindexek</b>	Tízéves trend	% Szign. növekedés	% Szign. csökkenés
Hottest day TXx	0.50	99.2	0.0
Coldest Night TNn	0.32	4.5	0.0
Cool nights TN10p	-3.36	0.0	77.1
Cool days TX10p	-2.98	0.0	57.3
Warm nights TN90p	9.04	100.0	0.0
Warm days TX90p	8.10	100.0	0.0
Growing season length (5degree) GS5L	1.79	10.3	0.0
Growing season start (5degree) GS5Start	-2.46	0.0	30.3
Growing season end (5degree) GS5End	-0.68	0.0	0.7
Growing season length (10 degree) GS10L	0.76	0.5	0.0
Growing season start (10 degree) GS10start	-0.90	0.0	1.2
Growing season end (10 degree) GS10End	-0.14	0.3	0.1
Ice days ID	-1.77	0.0	16.7
Severe cold days ECD	-1.44	0.0	22.0
Frost days FD	-2.50	0.0	38.7
Summer days	3.69	97.9	0.0
Hot days	2.47	89.6	0.0
Extremely hot days EHD	1.39	40.0	0.0
Warm spell duration WSDI	4.06	96.1	0.0
Cold spell duration CSDI	-3.63	0.0	9.9

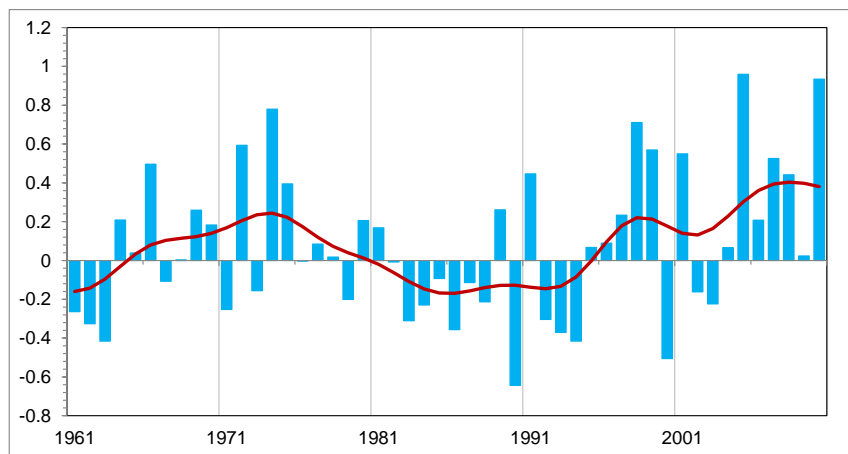
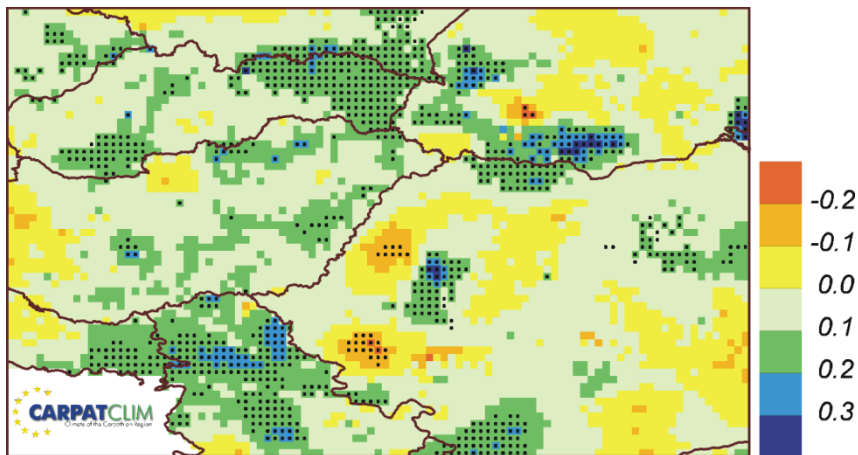
# 20 mm fölötti csapadékú napok száma

# Maximális 5 napos összeg



# Napi intenzitás

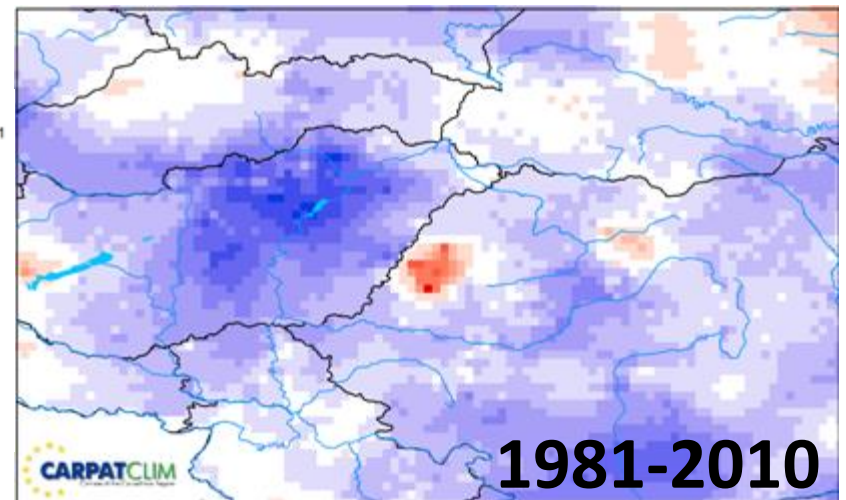
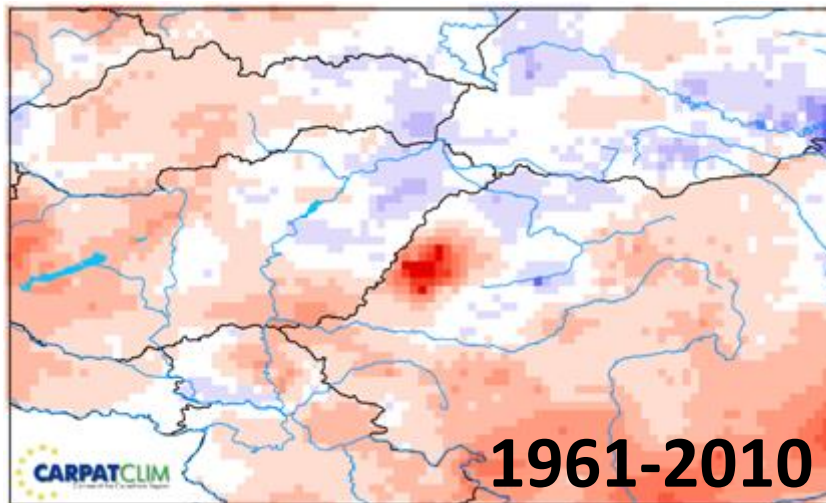
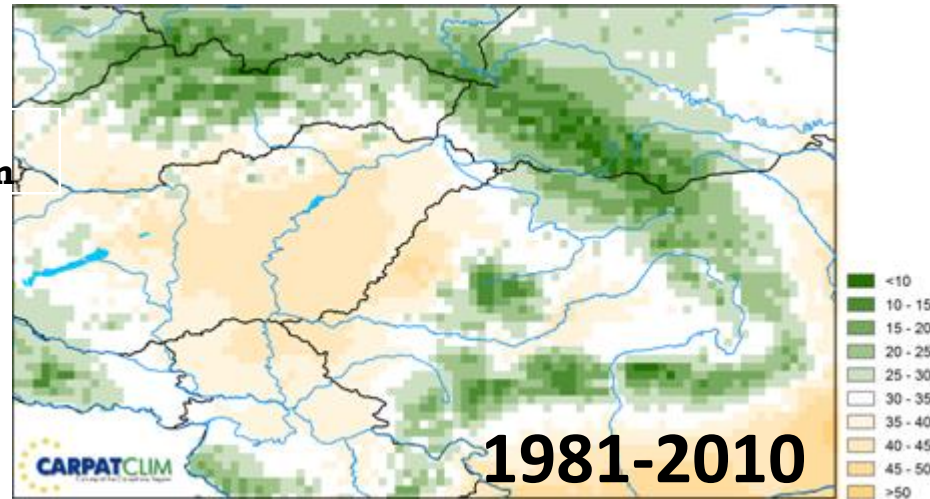
# Csapadék indikátorok



	Tízéves trend	% Szign. növekedés	% Szign. csökkenés
<b>Éves</b>			
Contribution from very wet days R95pTOT	0.70	13.8	0.2
Heavy precipitation days R20	0.22	13.8	0.1
Max 1 day precip RX1 day	0.61	5.0	0.5
Max 5 day precip RX5day	1.90	12.1	0.2
Simple daily intensity SDII	0.06	15.0	0.5
Consecutive dry days CDD	-0.77	0.0	11.7
<b>Évszakos</b>			
CDD-DJF	-0.15	0.2	0.9
CDD-MAM	0.05	0.7	0.4
CDD-JJA	0.02	1.1	0.3
CDD-SON	-1.08	0.0	18.0
RX1 day-DJF	-0.05	1.4	1.9
RX1 day-MAM	0.37	4.8	0.8
RX1 day-JJA	0.39	3.9	0.8
RX1 day-SON	0.91	15.5	1.0
RX5day-DJF	0.31	1.8	0.3
RX5day-MAM	1.61	19.9	0.4
RX5day-JJA	1.40	5.9	0.1
RX5day-SON	1.85	19.0	0.8
SDII-DJF	0.01	1.3	2.1
SDII-MAM	0.03	8.8	1.4
SDII-JJA	0.10	7.9	0.6
SDII-SON	0.11	18.9	1.1

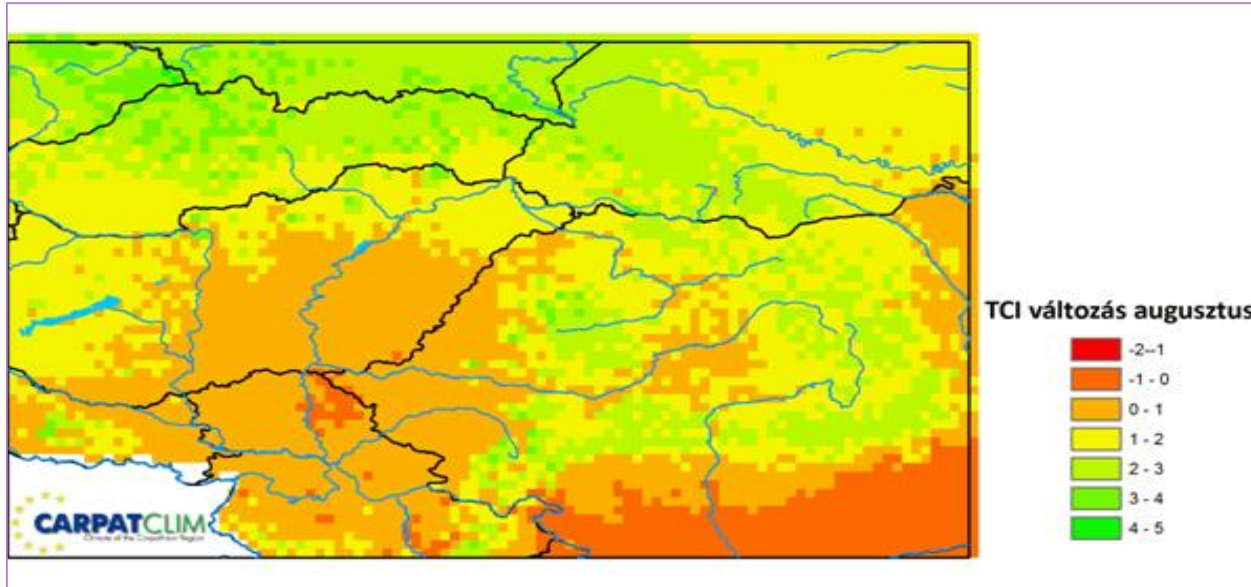
# Ellenberg-index – erdészeti aszályindex

$$EQ = 10^3 \cdot T_{07} / P_{an}$$





# ATCI turisztikai klímaindex augusztusi átlagértékeinek különbsége a két szélső normál időszakban



növekvő potenciálú  
területek Erdélyi-  
középhegységben,  
emellett a Kárpátok  
hegyláncainál  
a medence déli  
területeire csökkenés  
jellemző



Köszönöm a figyelmet!



*Alapítva: 1870*

