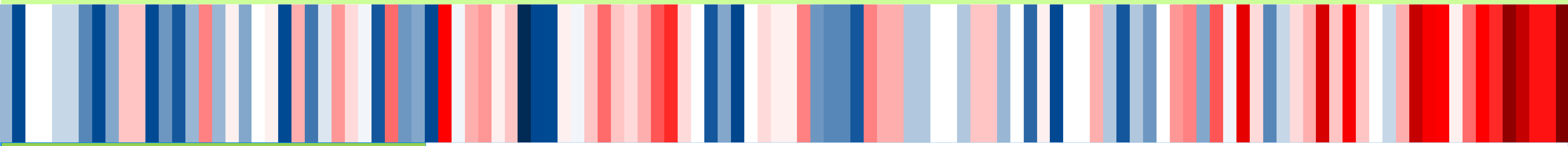
Homogenizált adatsor vagy mérések?

Izsák Beatrix[1], Szentimrey Tamás[2], Hoffmann Lilla[1], Kircsi Andrea[1], Lakatos Mónika[1], Szentes Olivér[1], Bihari Zita[1]

[1] OMSZ ÉEFO Éghajlati Osztály, [2] Varimax Bt., izsak.b@met.hu,



Absztrakt:

Meteorológiai idősorok trendvizsgálata hangsúlyos szerepet kapott az elmúlt években. Korábban is születtek tanulmányok, de a közölt eredmények ellentétesek, mint amit napjainkban publikálunk. Egyre több támadás éri a klimatológusokat, hogy összevissza beszélnek, hiszen az 1970-es évek végéig azzal riogattak, hogy megfagyunk, most meg a globális felmelegedéssel ijesztgetnek. Fontos azonban észrevenni, hogy a homogenizálás módszertana pont az elmúlt 30 évben fejlődött ki, azóta tudjuk az éghajlatváltozást pontosabban detektálni, azaz a változó mérési körülmények, például állomás áthelyezés, a mérési idő megváltozása vagy műszercsere okozta inhomogenitást, indokolatlan törést eltávolítani az adatsorokból. Poszterünkön megmutatjuk az elmúlt 118 év éves és évszakos átlaghőmérséklet trendjeit homogenizált és nyers adatsorokon is.

F-próbával ellenőrizzük a lineáris modellre vonatkozó feltevés helyességét, azaz elfogadható-e az nullhipotézis, hogy a trendfüggvény az idő lineáris függvénye a vizsgált adatsorok esetén. Poszterünkön bemutatott adatsorok esetén az esetleges adathibák és inhomogenitások kiszűrését, korrekcióját, és az adathiányok pótlását a **MASH** homogenizációs eljárás alkalmazásával végezzük. Az így kapott értékeket sűrű, szabályos rácshálózatra interpoláljuk, így az egész országra kiterjedően pontos térképet kaphatunk a trendértékek térbeli megjelenítéséhez. Ehhez az OMSZ Éghajlati Osztályán kifejlesztett, kifejezetten meteorológiai elemek interpolációjához kifejlesztett **MISH** programrendszert használtuk fel.

Az országos évi középhőmérséklet eltérése 1901-től az 1971–2000-es átlaghoz képest, az ellenőrzött, homogenizált (MASHv3.03) és interpolált (MISHv1.03) éghajlati adatok alapján.

LINEÁRIS TREND BECSLÉS

LINEÁRIS MODEL:

$X(t) = c_1 + c_2 \cdot t + \varepsilon(t)$ ahol $\varepsilon(t) \in N(0; \sigma^2)$ és $(t = 1,\dots,n)$ függetlenek

Becslés: $\widehat{c_1} = \overline{X} - \widehat{c_2}\,\overline{t}$ $\qquad \widehat{c_2} = \frac{\sum_{t=1}^{n}(X(t)-\overline{X}(t))(t-\overline{t})}{\sum_{t=1}^{n}(t-\overline{t})^2}$

Konfidencia intervallum az adott megbízhatósági szinten (pl.: α=0.9): $(\hat{c}_{2_{\alpha1}}, \hat{c}_{2_{\alpha2}})$

α megbízhatósági szintű becslés ($\hat{c}_{2_\alpha}$):

- $\hat{c}_{2_\alpha} = 0$ ha $0 \in (\hat{c}_{2_{\alpha1}}, \hat{c}_{2_{\alpha2}})$;
- $\hat{c}_{2_\alpha} = \hat{c}_{2_{\alpha1}}$ ha $0 < \hat{c}_{2_{\alpha1}}$;
- $\hat{c}_{2_\alpha} = \hat{c}_{2_{\alpha2}}$ ha $\hat{c}_{2_{\alpha2}} < 0$

Teljes időszak alatti változás: $\hat{c}_{2_\alpha} \cdot (n-1)$

Évi és évszakos középhőmérsékletek

A trendfüggvényt lineáris függvénnyel közelítve kapjuk, hogy a teljes időszak alatti változás az évenkénti egyenlő nagyságú kis csökkenések vagy növekedések összegeként áll elő. Az tudjuk, hogy nem ilyen egyszerű a helyzet és azt is, hogy az éghajlat nem így változik évről évre ugyanazon kis mértékben. Ugyanakkor mi a teljes időszak alatti változást szeretnénk meghatározni, ez esetben a lineáris modell egyszerű és jól használható. Azonban jogosan merül fel a kérdés, hogy hogyan tudjuk ellenőrizni a feltevés helyességét, azaz hogy elfogadható-e a lineáris modell? Hogyan értelmezhetjük a lineáris modellel kapott becslést az általános esetben és használhatjuk-e meteorológiai idősorok trendelemzéséhez?

Szentimrey megmutatta, hogy a lineáris analitikus trendvizsgálat az általánosabb esetben is alkalmazható, de ez esetben a **c** vektorral a trendfüggvénynek egy lineárisan független függvényrendszerre eső vetületének együttható vektorát becsüljük (Szentimrey, 1989). Az általános esetben is igazak a becslés jó tulajdonságai, ez esetben nem a trendfüggvényre, hanem a vetületére vonatkoznak az állításaink. Ezen általános esetben is alkalmazhatjuk a lineáris modell esetén megadott próbákat és szerkeszthetünk konfidencia intervallumot a trendegyütthatóra. Azt kell megvizsgálnunk a továbbiakban, hogy mekkora az eltérés a trendfüggvény és a vetülete között.

A trendfüggvény és a vetület eltérését F-próbával ellenőrizhetjük. Feltételezve a zaj normalitását, ami évi átlaghőmérséklet esetén elfogadható, a próba az alábbi formában adható meg (Szentimrey, 1989):

A nullhipotézis tehát: $H_0 : \exists\, \mathbf{c}=(c_1, c_2)$, $\quad m(t) \equiv c_1 + c_2 \cdot t \quad$ t=1,……,n

A próbastatisztika (PS) ebben a konkrét esetben:

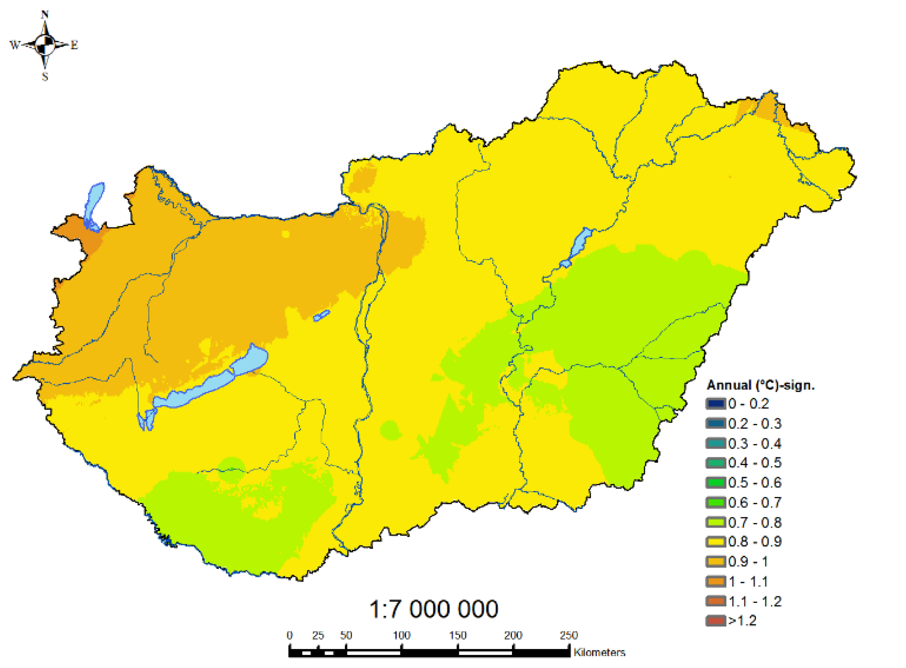
$$PS = \frac{[n/2]-1}{n-[n/2]-1}\left(\frac{\sum_{t=1}^{n}(x(t)-(\hat{c}_1+\hat{c}_2\cdot t))^2}{\frac{1}{2}\sum_{t=1}^{[n/2]}(\delta(t)-\bar{\delta})^2} - 1\right)$$

ahol $[n/2]$ az n/2 egész része,

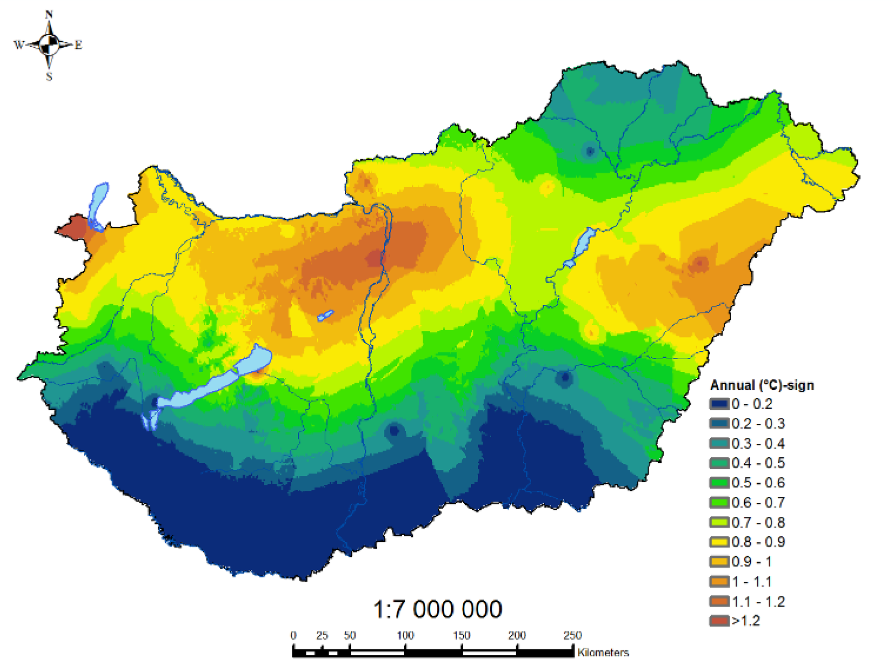
$$\delta(t) = x(2t) - x(2t-1) \qquad \text{ahol } t=1,\dots,[n/2]$$

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{t=1}^{[n/2]}\delta(t)}{[n/2]}$$

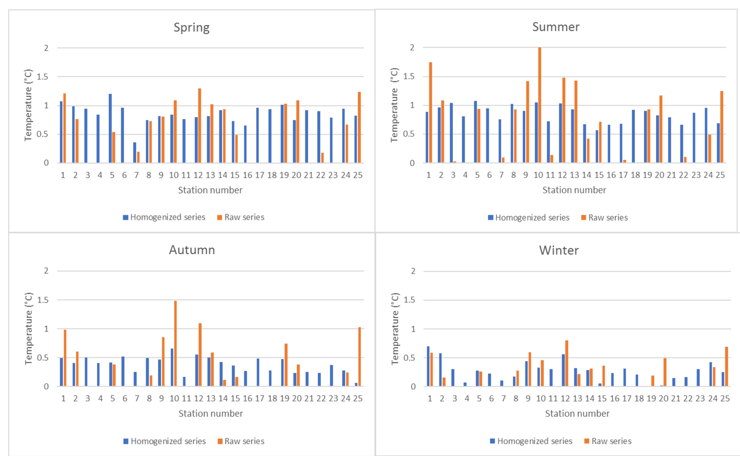
Belátható, hogy a PS statisztika, feltéve hogy igaz a nullhipotézis, n-[n/2]-1, [n/ 2]-1 paraméterű F-eloszlást követ.



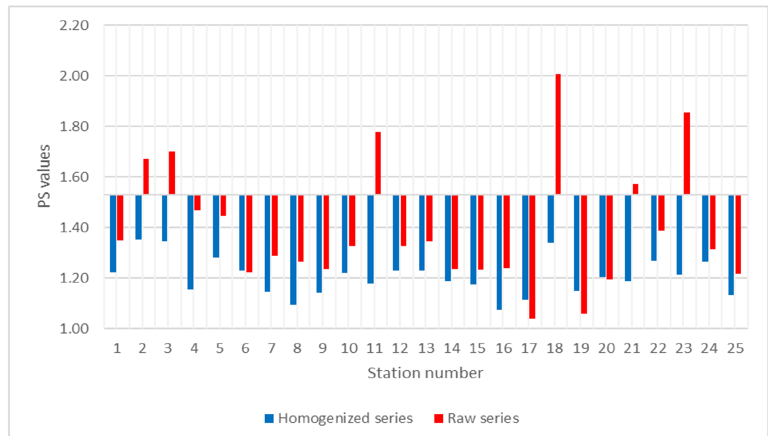
Teljes időszak alatti változás: α=0.9 -megbízhatósági szintű becslés - $\hat{c}_{2_\alpha}$ (n-1) -értékei, **homogenizált évi átlaghőmérséklet** adatok alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva



Teljes időszak alatti változás: α=0.9 -megbízhatósági szintű becslés - $\hat{c}_{2_\alpha}$ (n-1) -értékei, **nyers évi átlaghőmérséklet** adatok alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva

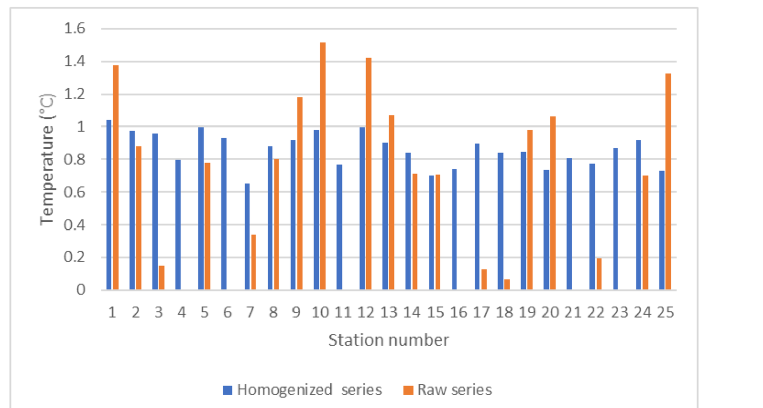


Teljes időszak alatti változás: α=0.9 -megbízhatósági szintű becslés- $\hat{c}_{2_\alpha}$ (n-1) -értékei 25 állomás **évszakos** homogenizált **átlaghőmérséklet** adatsora és nyers adatsora alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva

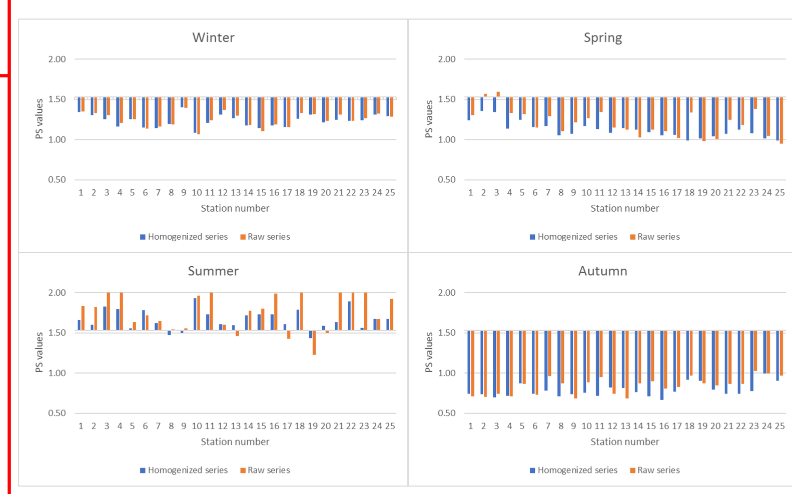


A PS statisztikák állomási értékei: homogenizált és nyers évi átlaghőmérséklet sorok alapján, 1901-2018

0.1-es szignifikancia szinthez tartozó kritikus érték: 1.53

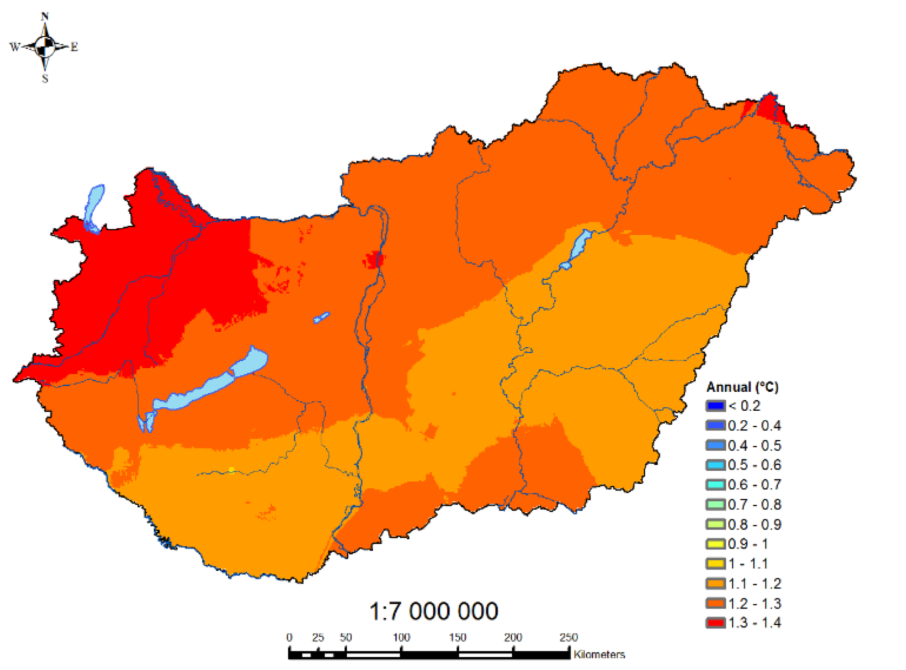


Teljes időszak alatti változás: α=0.9 -megbízhatósági szintű becslés- $\hat{c}_{2_\alpha}$ (n-1) -értékei 25 állomás homogenizált **évi átlaghőmérséklet** adatsora és nyers adatsora alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva

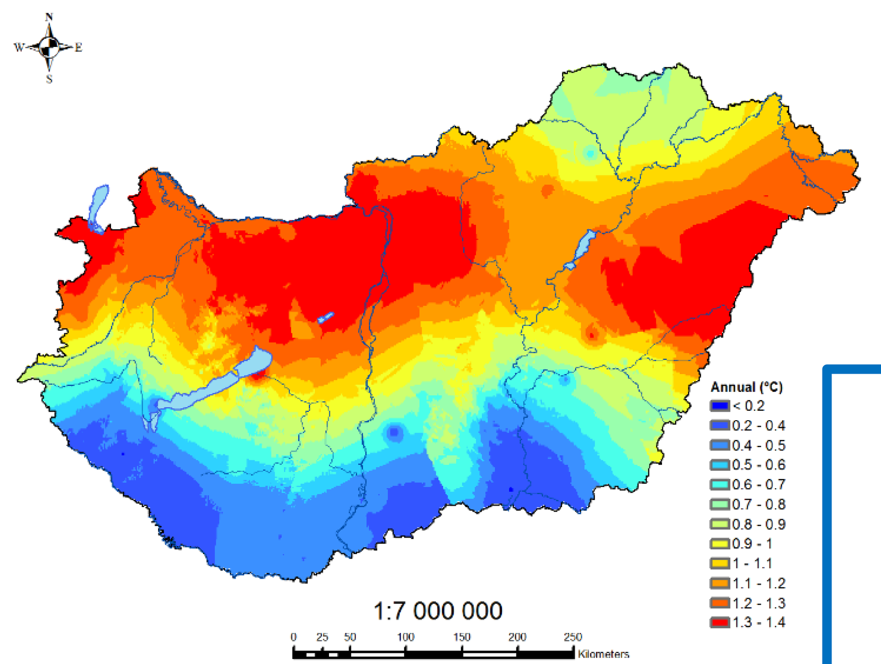


A PS statisztikák állomási értékei: homogenizált és nyers évszakos átlaghőmérséklet sorok alapján, 1901-2018

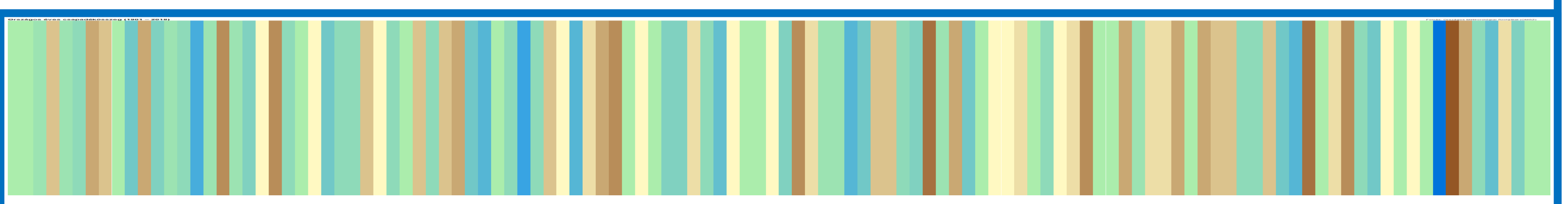
0.1-es szignifikancia szinthez tartozó kritikus érték: 1.53



Teljes időszak alatti változás: a trendegyüttható becslés $(\hat{c}_2(n-1))$ értékei, **homogenizált évi átlaghőmérséklet** adatok alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva



Teljes időszak alatti változás: a trendegyüttható becslés $(\hat{c}_2(n-1))$ értékei, **nyers évi átlaghőmérséklet** adatok alapján, 1901-2018-ig, °C-ban megadva



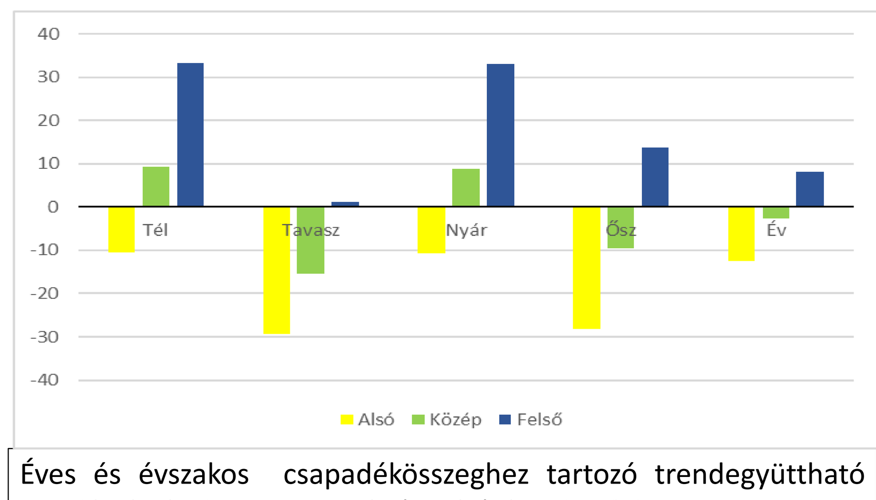
Az országos évi csapadékösszeg eltérése 1901-től az 1971–2000-es átlaghoz képest, az ellenőrzött, homogenizált (MASHv3.03) és interpolált (MISHv1.03) éghajlati adatok alapján.

CSAPADÉKÖSSZEG

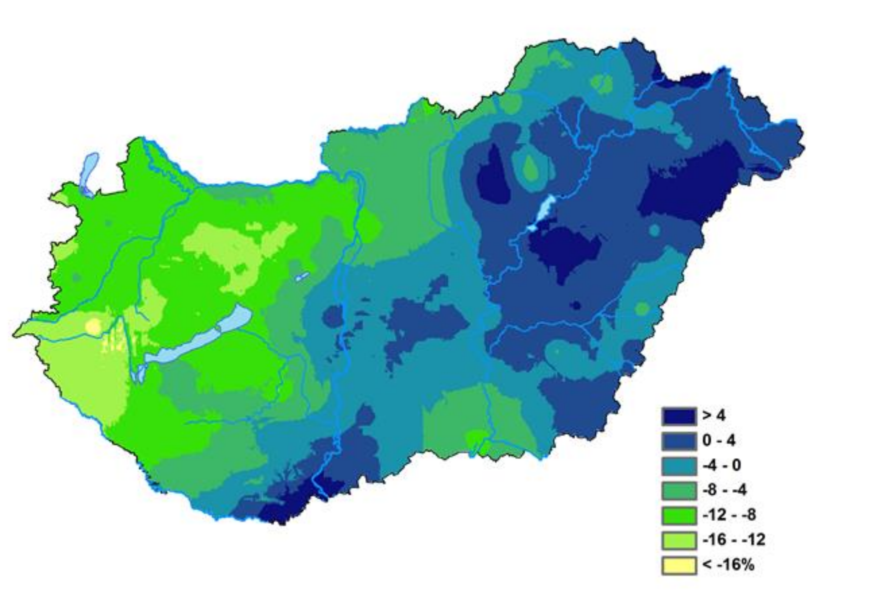
EXPONENCIÁLIS MODEL:

$X(t) = c_1 \cdot c_2^{\,t} \cdot \varepsilon(t)$ ahol $\ln \varepsilon(t) \in N(0; \sigma^2)$ és $(t = 1,\dots,n)$ függetlenek

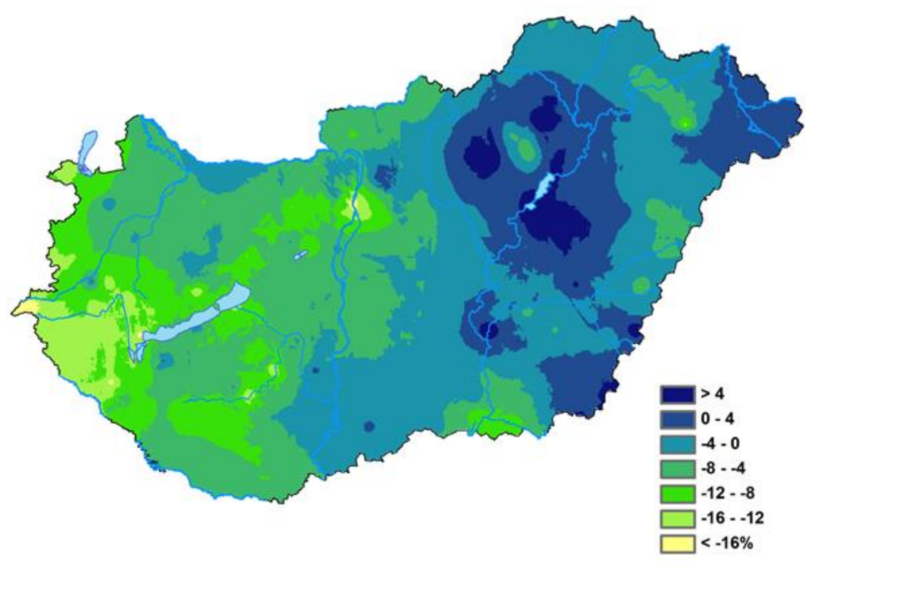
- Pontbecslés és konfidencia intervallum az adott megbízhatósági szinten (pl.: α=0.9): $\hat{c}_2, (\hat{c}_{2_{\alpha1}}, \hat{c}_{2_{\alpha2}})$
- **α megbízhatósági szintű becslés ($\hat{c}_{2_\alpha}$):**
- $\hat{c}_{2_\alpha} = 1$ ha $1 \in (\hat{c}_{2_{\alpha1}}, \hat{c}_{2_{\alpha2}})$;
- $\hat{c}_{2_\alpha} = \hat{c}_{2_{\alpha1}}$ ha $1 < \hat{c}_{2_{\alpha1}}$;
- $\hat{c}_{2_\alpha} = \hat{c}_{2_{\alpha2}}$ ha $\hat{c}_{2_{\alpha2}} < 1$
- **Teljes időszak alatti változás**: $(\hat{c}_{2_\alpha}^{\,(n-1)} - 1) \cdot 100\%$



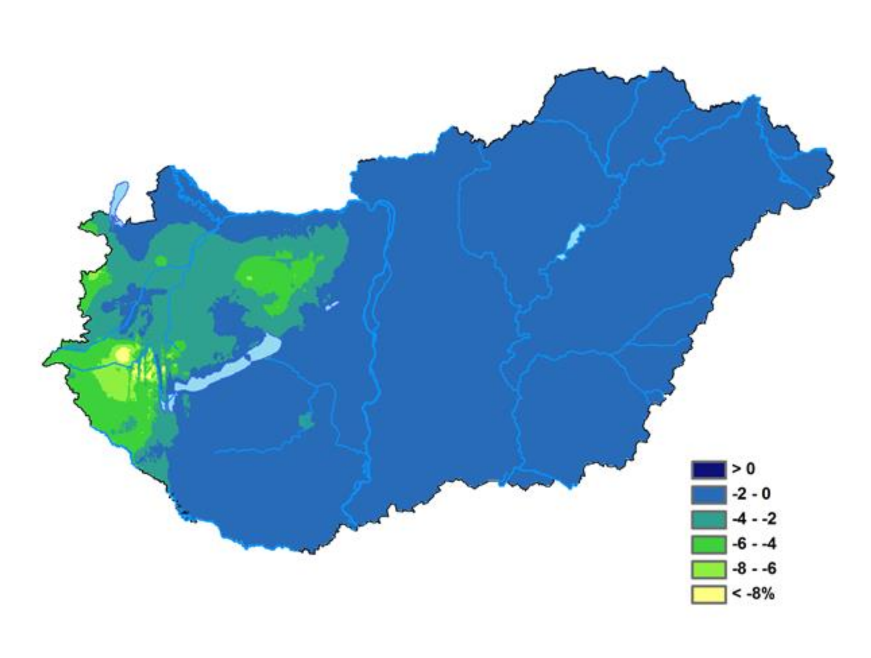
Éves és évszakos csapadékösszeghez tartozó trendegyüttható becslés értékek, pontbecslés (közép) és a konfidencia intervallum végpontjainak országos átlaga, %-ban kifejezve, 1901-2018



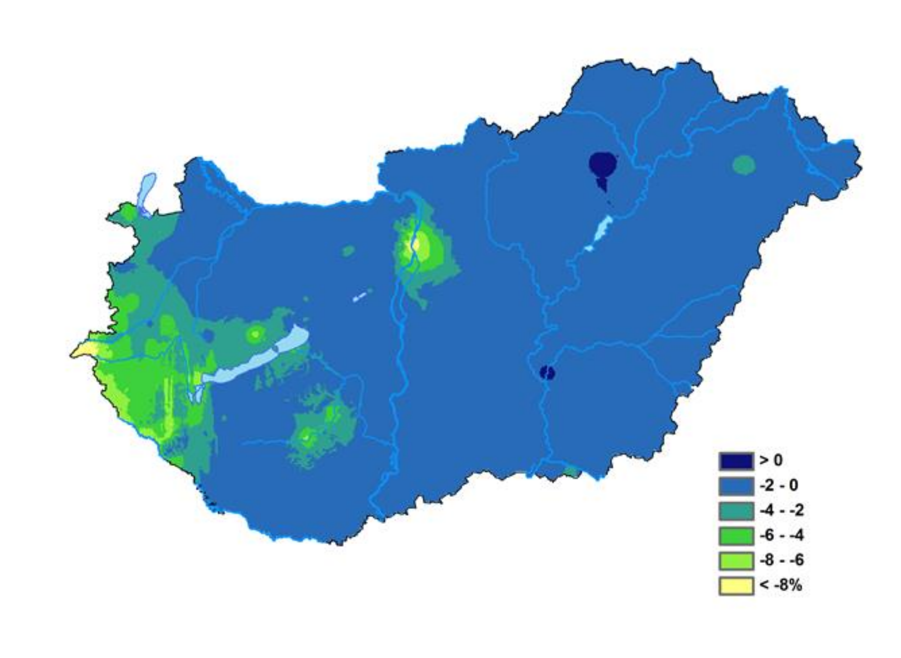
Évi csapadékösszeg homogenizált sorok: a teljes időszak alatti változás becslése $((\hat{c}_2^{\,n-1} - 1) \cdot 100\%)$, 1901-2018 (%-ban megadva)



Évi csapadékösszeg nyers sorok: a teljes időszak alatti változás becslése $((\hat{c}_2^{\,n-1} - 1) \cdot 100\%)$, 1901-2018 (%-ban megadva)



Évi csapadékösszeg homogenizált sorok: a teljes időszak alatti változás becslése $((\hat{c}_{2_\alpha}^{\,n-1} - 1) \cdot 100\%)$, 1901-2018, (%-ban megadva) **(α=0.9 megbízhatósági szintű becslés)**



Évi csapadékösszeg nyers sorok: : a teljes időszak alatti változás becslése $((\hat{c}_{2_\alpha}^{\,n-1} - 1) \cdot 100\%)$, 1901-2018, (%-ban megadva) **(α=0.9 megbízhatósági szintű becslés)**

Szentimrey T. , 1989: A lineáris analitikus és a periodikus trendvizsgálat néhány elvi-módszertani kérdése. Időjárás 93: 2-3 pp. 151-156. , 6 p.

Szentimrey, T., 2014: Manual of homogenization software MASHv3.03. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, p.69.

Szentimrey, T. és Bihari, Z., 2014: Manual of interpolation software MISHv1.03. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, p.60.

Lakatos Mónika, Bihari Zita, Hoffmann Lilla, Izsák Beatrix, Kircsi Andrea, Szentimrey Tamás (2018): Megfigyelt változások, Magyarország

URL: https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/ , feltöltés dátuma: 20.02.2018