

Absztrakt: A meteorológiai adatsorok elemzésével megismerhetjük, és folyamatosan nyomon követhetjük hazánk éghajlatának jellemzőit, tetten érhetjük az éghajlat hosszú távú megváltozásának jeleit. Az esetleges hibák és inhomogenitások téves következtetésre vezethetnek a nyers adatsorokon végrehajtott elemzések során. A homogenizálás, adatellenőrzés, adatpótlásra céljára kifejlesztett MASH (Szentimrey Tamás, 2014) módszerrel előállított adatsorokat elemzünk: a csapadék esetén 461 rövid (1961-2017) és 131 hosszú (1901-2017) éghajlati sort, míg hőmérséklet esetén 58 rövid (1981-2017) és 25 hosszú (1901-2017) sort vizsgálunk. Az állomás adatokon elvégzett trendvizsgálat eredményeit mutatjuk be. Az így kapott értékeket a MISH (Szentimrey Tamás és Bihari Zita, 2014b) rendszerrel interpoláljuk és teljes Magyarország területén ábrázoljuk. Térképeken szemléltetjük az adott szignifikancia szinten a pontbecslés értékéhez szerkesztett konfidencia intervallumot abból a célból, hogy rávilágítsunk az éghajlati értékelésekben leggyakrabban alkalmazott középérték (trendegyüttható) és a konfidencia intervallum kezdő - és végpontjának jelentésére.

Lineáris trendvizsgálat: Átlaghőmérséklet esetén lineáris analitikus trendvizsgálatot végzünk. Ez esetben az alapmodell (1)

$$X(t) = \mu + \beta \cdot t + \varepsilon(t), \text{ ahol } \varepsilon(t) \in N(0, \sigma^2) \text{ és teljesen függetlenek (1)}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^n (X(t) - \bar{X})(t - \bar{t})}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2}$$

α megbízhatósági szintű konfidencia-intervallum: $(\hat{\beta}_{\alpha,1}, \hat{\beta}_{\alpha,2})$

α megbízhatósági szintű becslés: $\hat{\beta}_{\alpha}$

$\hat{\beta}_{\alpha} = 0$, ha $0 \in (\hat{\beta}_{\alpha,1}, \hat{\beta}_{\alpha,2})$; $\hat{\beta}_{\alpha} = \hat{\beta}_{\alpha,1}$, ha $0 < \hat{\beta}_{\alpha,1}$; $\hat{\beta}_{\alpha} = \hat{\beta}_{\alpha,2}$, ha $\hat{\beta}_{\alpha,2} < 0$.

A teljes időszak alatti változás jellemzése: $\beta \cdot n - \beta \cdot 1 = \beta \cdot (n - 1)$

Exponenciális trendvizsgálat: Csapadékösszeg esetén exponenciális trendbecslést alkalmaztunk (2):

$$X(t) = \mu \cdot \beta^t \cdot \varepsilon(t), \text{ ln } \varepsilon(t) \in N(0, \sigma^2) \text{ és teljesen függetlenek (2)}$$

(2) természetes alapú logaritmusát véve az (1)-es modellt kapjuk vissza.

A teljes időszak alatti százalékos változás jellemzésére: $(\beta^{n-1} - 1) \cdot 100\%$

Hőmérséklet

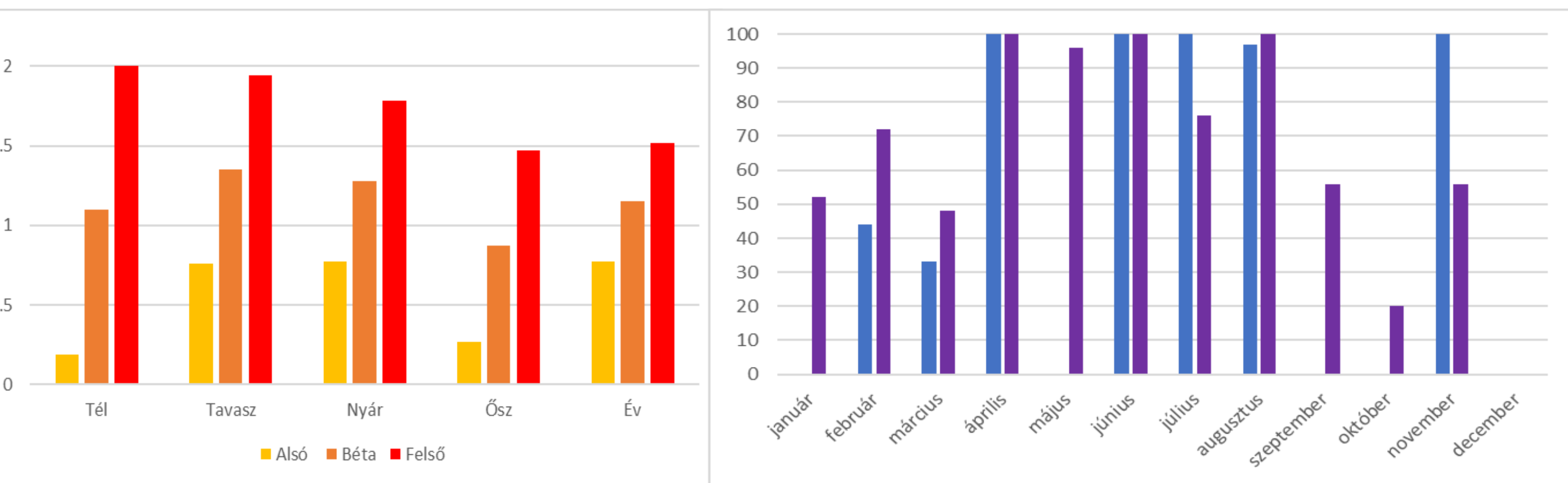
Ha $n=117$, a $\hat{\beta}_{\alpha}$ -ra sehol sem kaptunk 0-t, sem az éves, sem az évszakos idősorok esetében, azaz a változás szignifikáns. Az α -t minden esetben 0.9-nek vettük.

Az 1. ábrán jelenítjük meg $(n-1) \cdot \hat{\beta}$ -nak, $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,1}$ -nek és $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,2}$ -nek az országos átlagait. Ha az utolsó 37 évet nézzük, a különbség csak annyi, hogy az ősz csak az állomások 90%-ban mutat szignifikáns trendet. A teljes időszak alatti változást $(n-1) \cdot \hat{\beta}$ mutatjuk be a 3. és 4. ábrán. Ha a havi trendeket vizsgáljuk, már nem ennyire egységes a változás. A 2. ábrán mutatjuk meg, hogy az egyes hónapokban és időszakokban, az állomások hány százalékában szignifikáns a hőmérséklet növekedés. Az őszi trend a nagy novemberi változás miatt szignifikáns, sem a szeptember, sem az október nem mutat szignifikáns változást. Szignifikáns csökkenést sehol sem tapasztaltunk. Ha azt szeretnénk megmutatni, hogy legalább mekkora a hőmérséklet változás a teljes időszak alatt, az $\alpha=0.9$ megbízhatósági szinten, akkor célszerű a $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha}$ -t ábrázolni. Ezt az 5. ábrán mutatjuk meg. Ha valaki arra kíváncsi, hogy „akár mekkora” is lehetett a változás, akkor a konfidencia intervallum felső végpontját kell tekinteni, tehát az $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,2}$ -ket. Ezeket szemléltetjük a 6. ábrán.

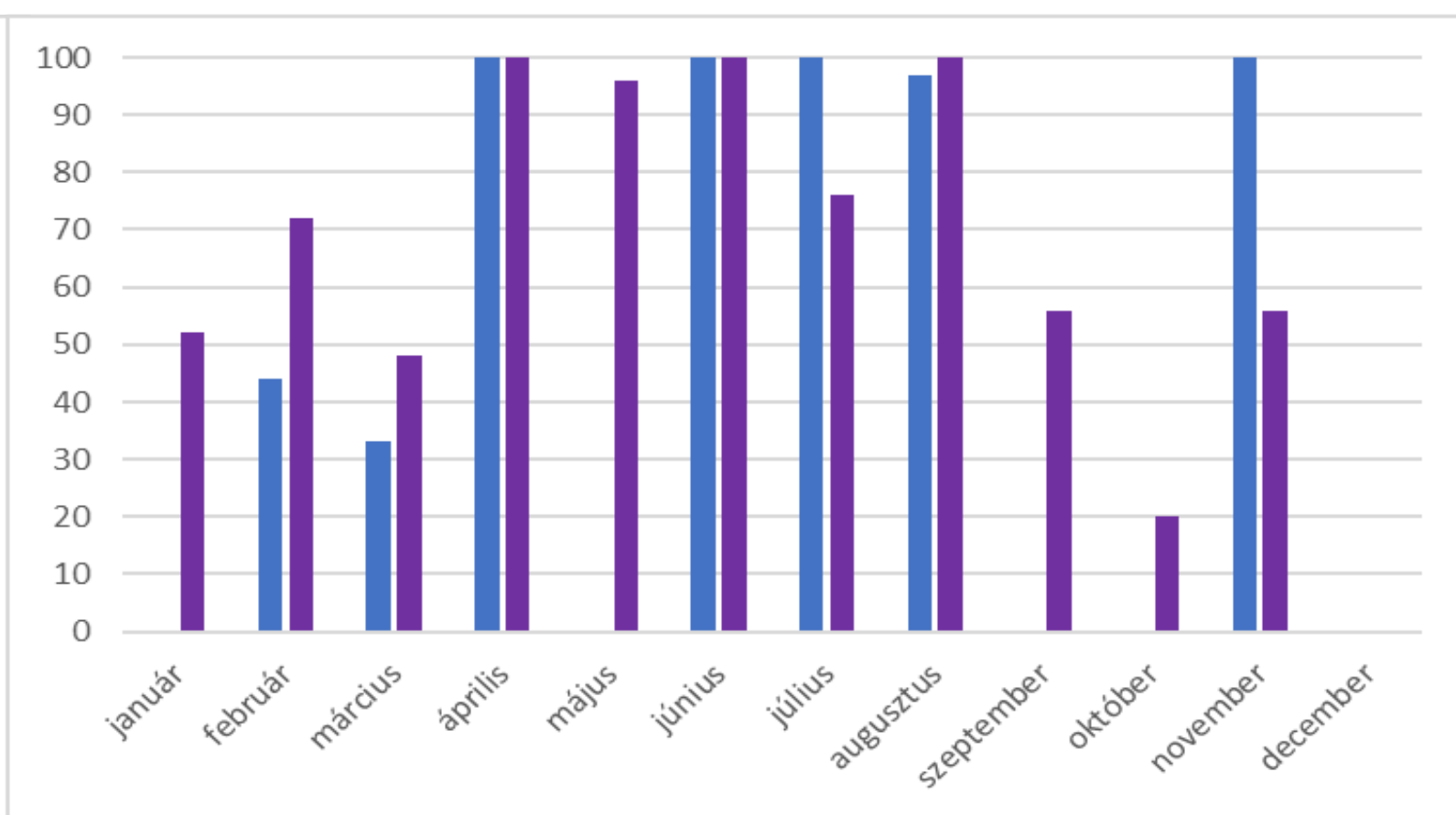
Csapadék

Csapadékösszegek esetén sem a rövidebb, sem a hosszabb időszak alatt nincs egész Magyarországra kimutatható szignifikáns trend, sem az éves, sem az évszakos, sem a havi adatsoroknál. Csapadék esetén 117 év alatt szignifikáns változás van pl. áprilisban, ezt mutatjuk be az 7. ábrán. A téli értékeknél az állomások ötödénél szignifikáns a változás, de kisebb arányban csökkenés, nagyobb arányban növekedés (8. ábra). A hosszabb időszak alatti éves csapadékösszeg százalékos változását a 9. ábra, míg a rövidebb időszak alatti a 10. ábra mutatja.

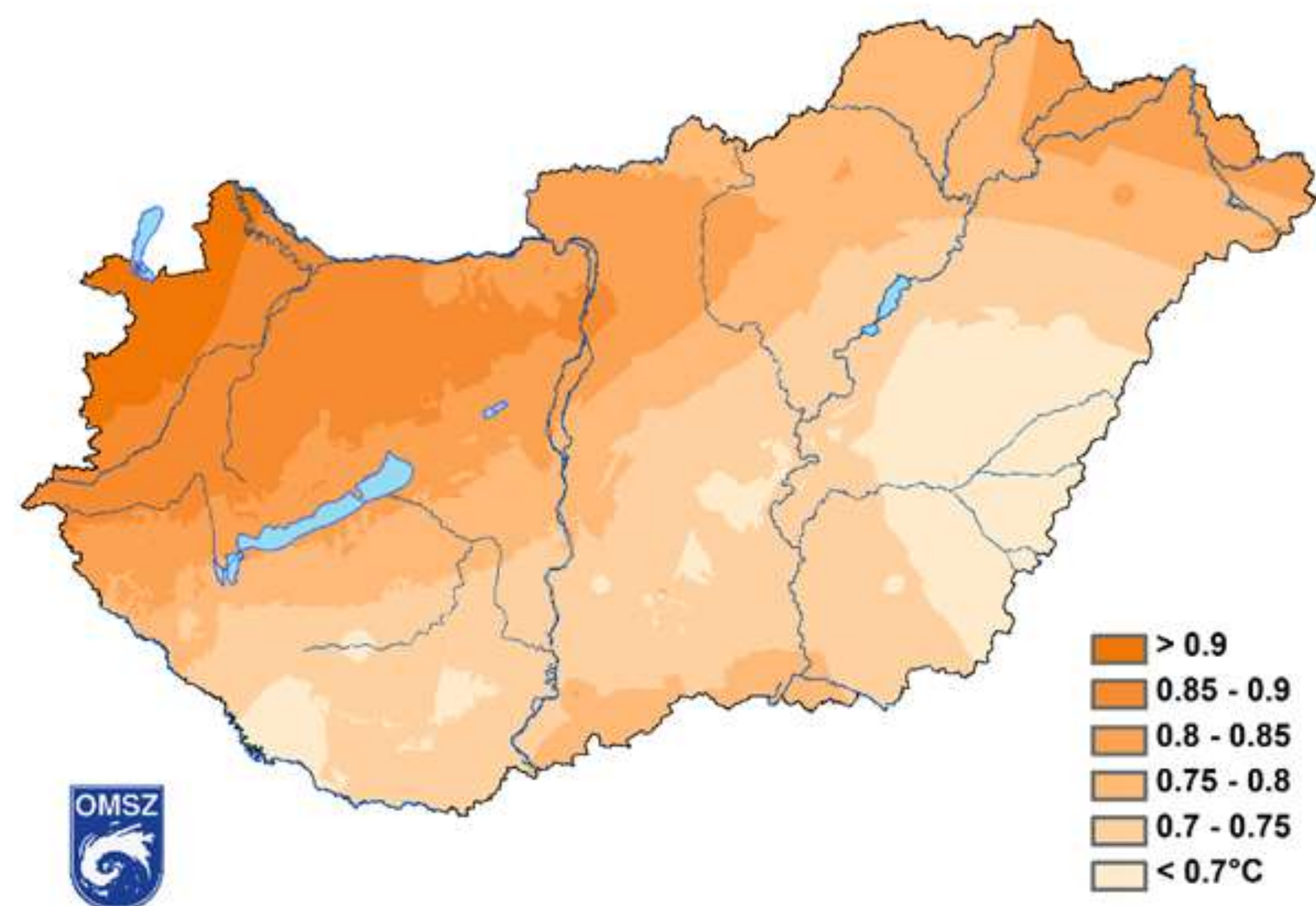
Az 11. ábrán jelenítjük meg a teljes időszak alatti százalékos változásokat, azaz $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ -nak, $(\hat{\beta}_{\alpha,1}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ -nak és $(\hat{\beta}_{\alpha,2}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ -nak az országos átlagait. Természetesen, ha azt szeretnénk megmutatni, hogy a 90%-os megbízhatósági szinten mekkora és milyen irányú a szignifikáns változás, akkor célszerű a $\hat{\beta}_{\alpha}$ -t meghatározni. Ennek segítségével a 12. ábrán megmutatjuk, hogy 57 év alatt, legalább mekkora volt a változás.



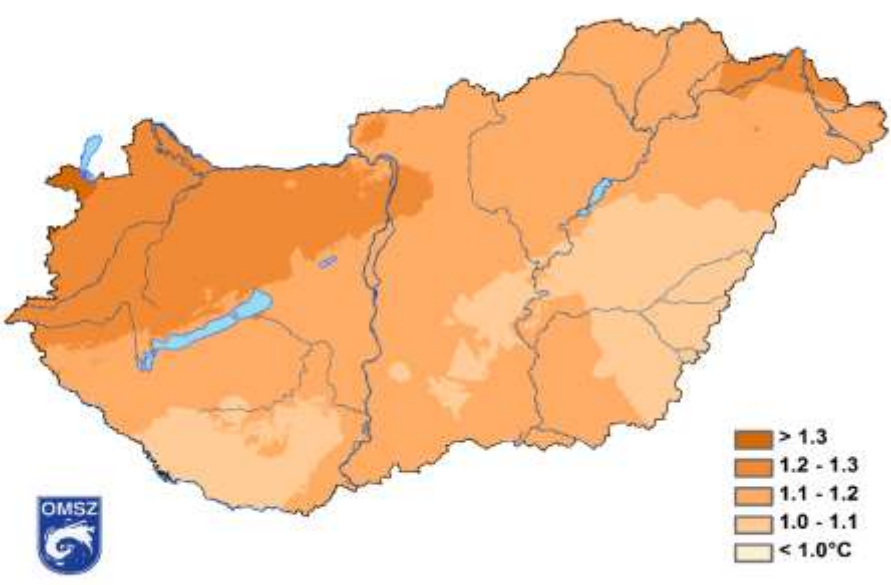
1. ábra Az éves átlaghőmérséklethez tartozó $(n-1) \cdot \hat{\beta}$ (béta), $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,1}$ (alsó) és $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,2}$ (felső) értékek országos átlaga, 1901-2017-ig. (°C-ban megadva)



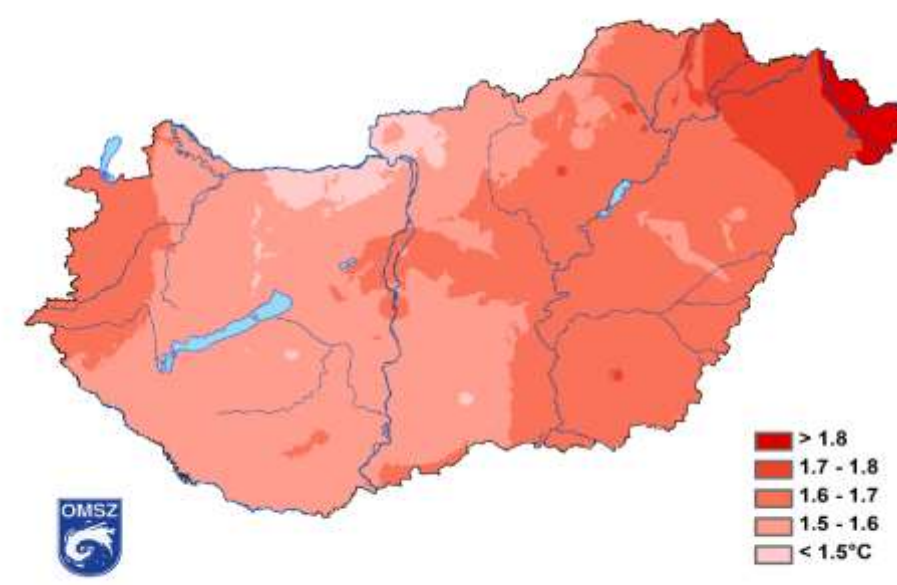
2. ábra A szignifikáns hőmérséklet változás százalékos aránya, rövid (lila színnel, 1981-2017-ig) és hosszú (kék szín, 1901-2017) adatsorok esetén, az állomások %-ra vonatkoztatva



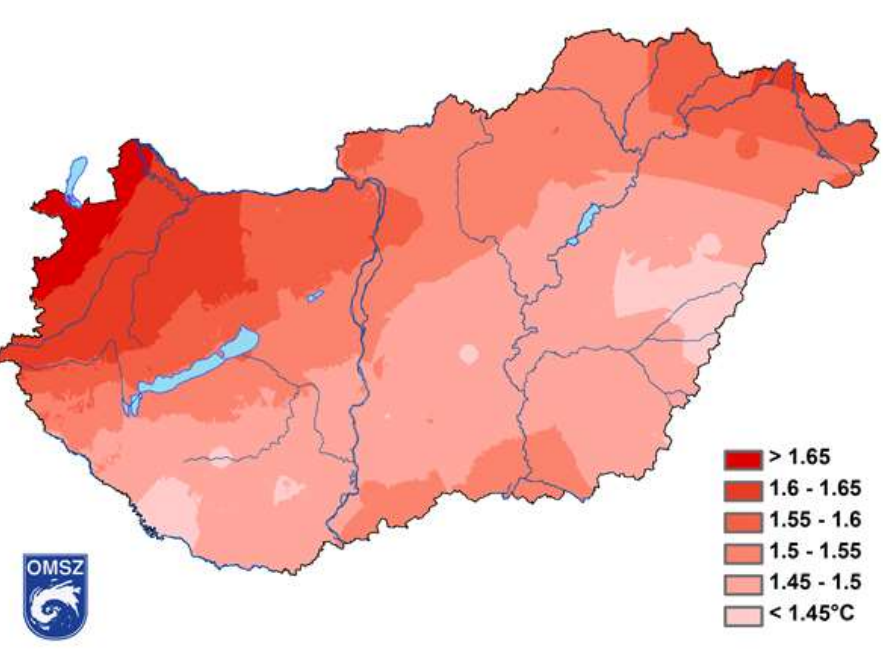
5. ábra Az éves átlaghőmérséklet teljes időszak alatti változása: $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha}$, 1901-2017-ig (°C-ban megadva)



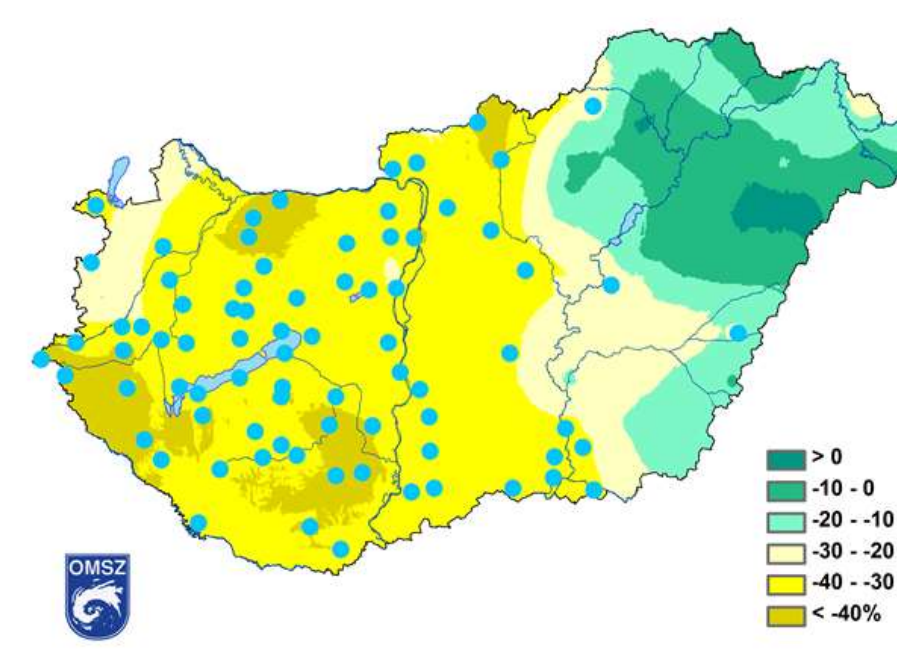
3. ábra Éves átlaghőmérséklet teljes időszak alatti változása $(n-1) \cdot \hat{\beta}$ értékei, 1901-2017-ig (°C-ban megadva)



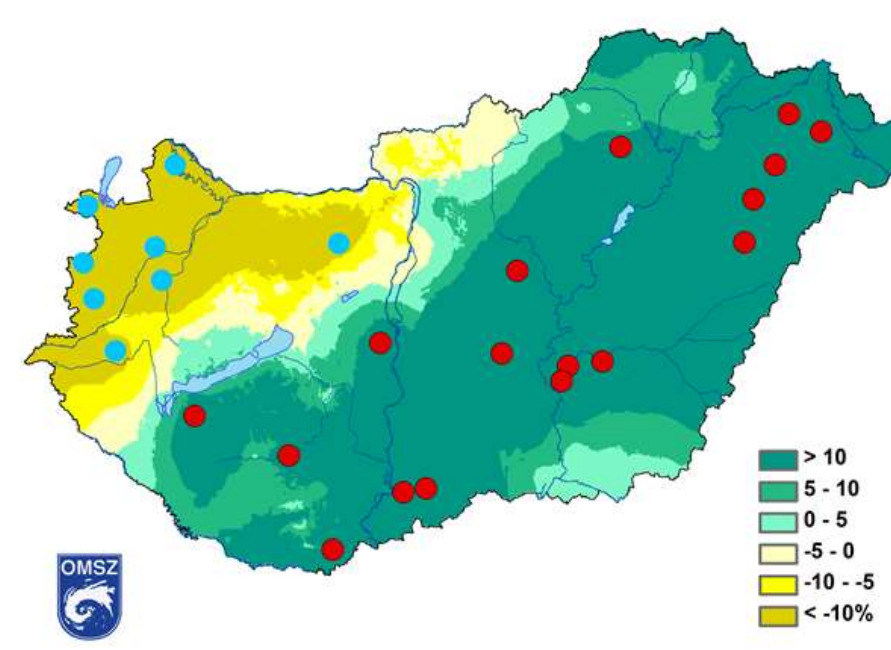
4. ábra Éves átlaghőmérséklet teljes időszak alatti változása $(n-1) \cdot \hat{\beta}$ értékei, 1981-2017-ig (°C-ban megadva)



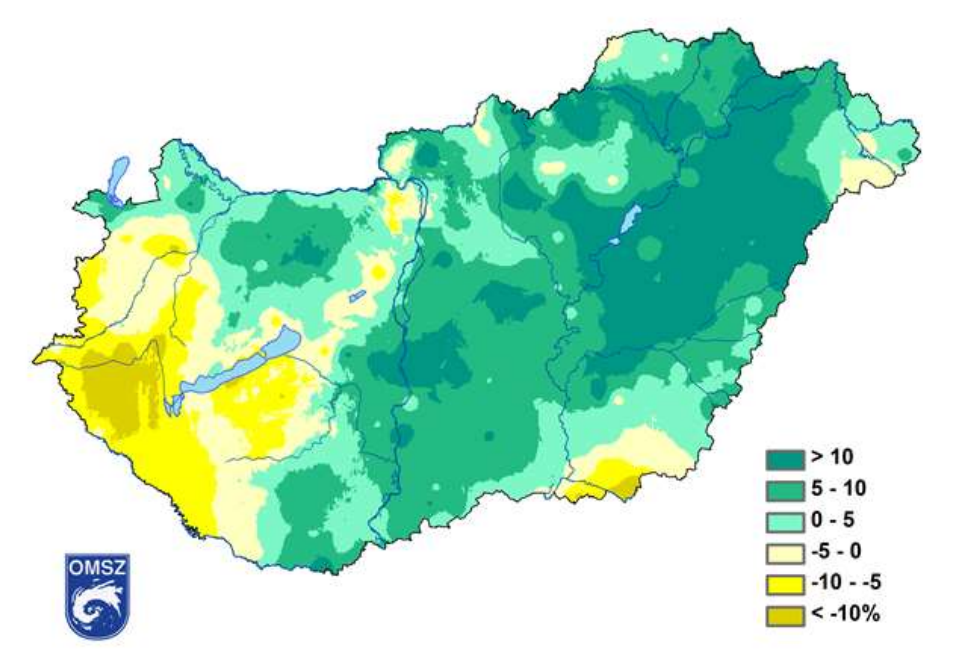
6. ábra Az éves átlaghőmérséklet teljes időszak alatti változása $(n-1) \cdot \hat{\beta}_{\alpha,2}$ értékek, 1901-2017-ig (°C-ban megadva)



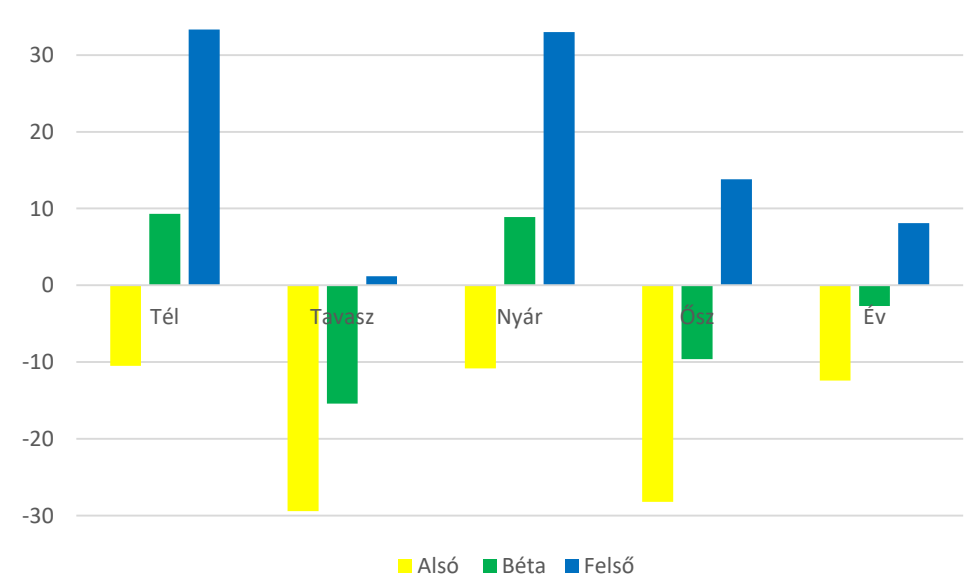
7. ábra Áprilisi csapadékösszeg teljes időszak alatti változása: $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ 1901-2017-ig. A szignifikáns értékeket kék pötty jelöli, minden esetben csökkenés.



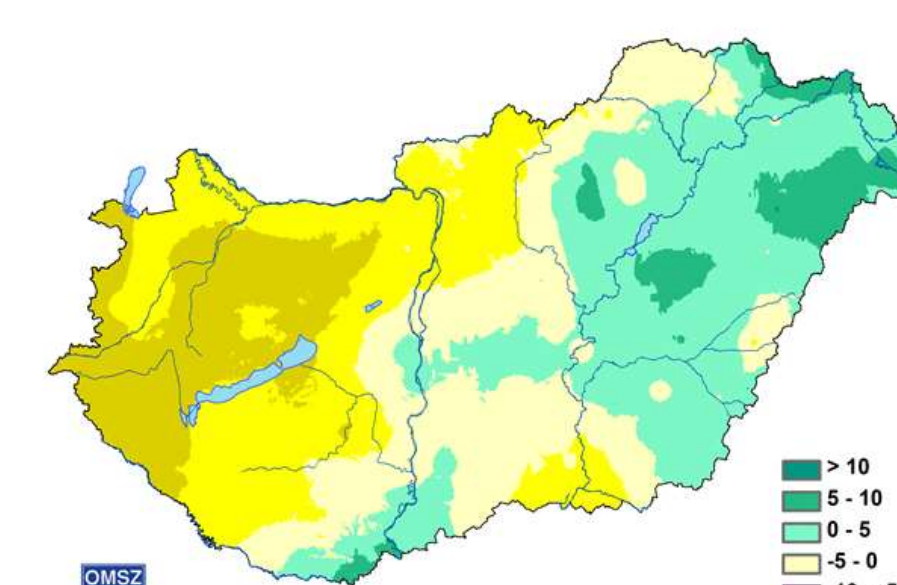
8. ábra Téli csapadékösszeg teljes időszak alatti változása: $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ 1901-2017-ig. A szignifikáns értékeket: kék (● csökkenés) és piros (● növekedés) pötty jelöli



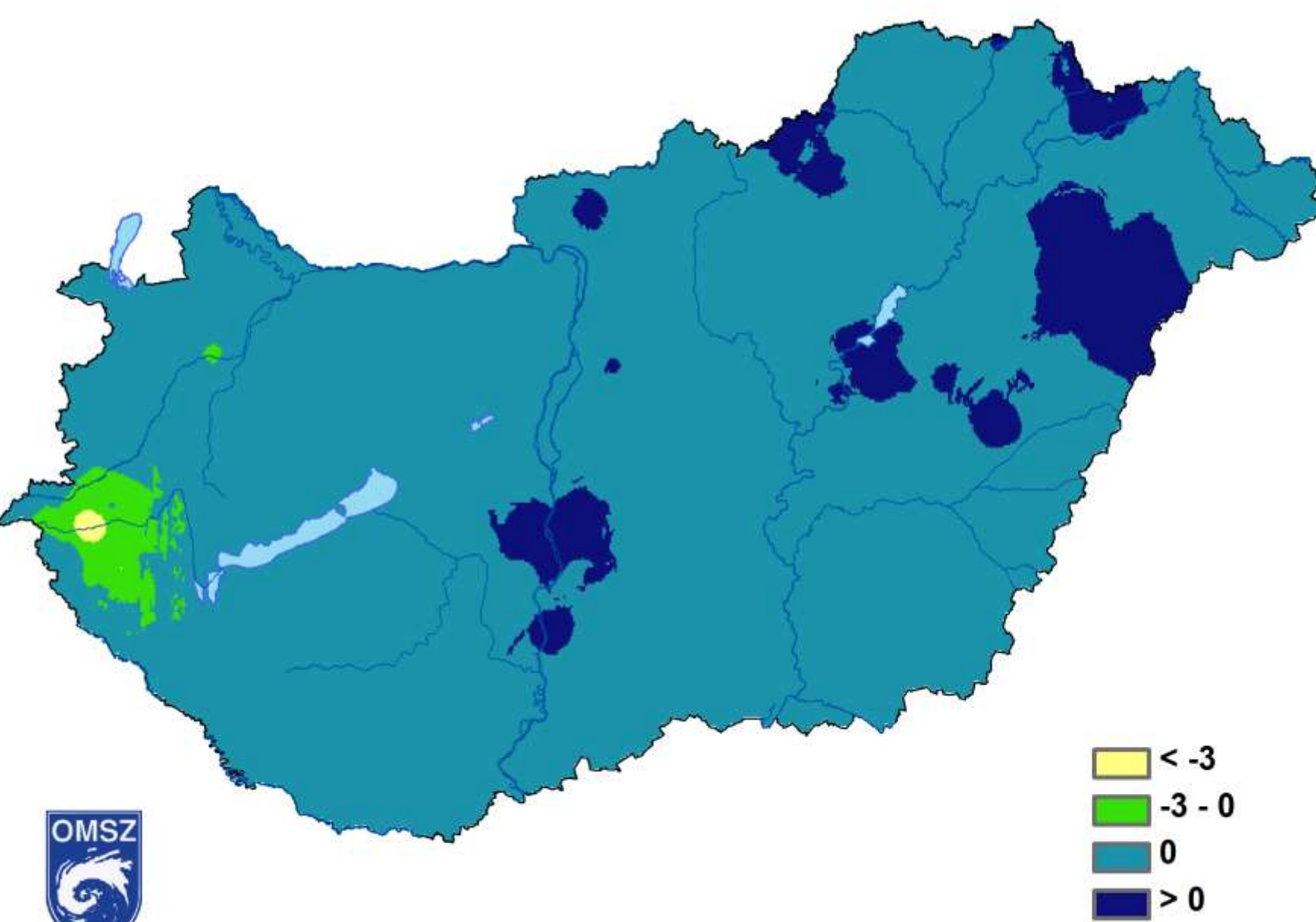
10. ábra Éves csapadékösszeg teljes időszak alatti változása: $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ 1961-2017-ig



11. ábra 1901-2017-ig terjedő időszakokra, az éves csapadékösszeghez tartozó $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ (béta), $(\hat{\beta}_{\alpha,1}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ (alsó) és $(\hat{\beta}_{\alpha,2}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ (felső) értékek országos átlaga, %-ban kifejezve



9. ábra Éves csapadékösszeg teljes időszak alatti változása: $(\hat{\beta}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ 1901-2017-ig



12. ábra Éves csapadékösszeg teljes időszak alatti változása: $(\hat{\beta}_{\alpha}^{n-1} - 1) \cdot 100\%$ 1901-2017-ig