



Trendvizsgálat: óraértékek hazai hőmérsékleti trendje

Barna Zsófia¹, Izsák Beatrix², Pieczka Ildikó¹

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, zsofibarna0528@gmail.com

²Országos Meteorológiai Szolgálat

DOI:10.56474/legkor.2022.3.1

Az éghajlat vizsgálatának jelentős szerepe van meteorológiai kutatásainkban. Ennek kapcsán cikkünkben a napi középhőmérséklet adatsorok, illetve a rendelkezésünkre álló óraértékek (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) trendvizsgálatát mutatjuk be éves valamint évszakos szinten. Eredményeink szerint a legmagasabb trendértékek a 12 órás adatbázishoz kapcsolhatók. Ennek területi eloszlásához a 18 órás hasonlít leginkább, főként nyáron és ősszel. A legalacsonyabb értékeket pedig a 00 órás esetben kaptuk.

Trend analysis: national temperature trend of hourly values

Climate research plays a significant role in meteorological researches. In this paper we present the trend analysis of the daily average temperature data series and the available hourly values (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) on an annual and seasonal basis. According to our results the highest trend values are related to the 12-hour database the spatial distribution of which is most similar to the 18-hour database mainly in summer and autumn. Besides the lowest values were obtained in the case of the 00 hour database.

Bevezetés

Napjainkra az éghajlat vizsgálata a statisztikus klimatológia eszköztárának bővülése és az informatika fejlődése révén egyre nagyobb teret nyer (*Bloomfield, 1992; Brunetti, 2006*). A múlt és jelen éghajlatának kutatása hazánkban is hangsúlyos szerepet kap, különös tekintettel az éghajlatváltozással kapcsolatos vizsgálatokra. Az éves és évszakos középhőmérséklet értékekre vonatkozó trendelemzések pedig egyértelműen kimutatják, hogy a magyarországi értékek a globális trenddel

összhangban alakulnak. Az elmúlt évtizedben éves, évszakos és havi adatsorok trendjét becsülték az OMSZ Éghajlati Osztályán, mindezeket napi adatok felhasználásával tették (*Lakatos et al., 2021*).

Adatok

A bemutatott elemzésekhez rendelkezésünkre álltak napi középhőmérséklet adatsorokon kívül óraértékek is, melyek adatsoraiból eddig még nem született elemzés, ezért újszerű a vizsgálatuk. Az órás adatsorok felhasználásával

szemléltetjük a napon belüli, nevezetesen a 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC értékekre vonatkozó rácspontri adatbázisokban kimutatható trendeket. Hőmérsékleti adatsorok esetén lineáris trendvizsgálatot végeztünk, és az így kapott trendegyütthatók szignifikanciáját minden esetben megvizsgáltuk. Mivel megfelelő számú mérés az 1970-es évektől érhető csak el, így az 1971–2020-ig tartó időszak napi óraértékeit használtuk fel 58 állomási adatsorra. A globális vizsgálatok szerint a minimum hőmérsékletek emelkedése jelentősebb mértékű, mint a maximum hőmérsékleteké. A magyarországi adatsorok azonban ennek az ellenkezőjét mutatják (Bartholy *et al.*, 2011). Eszerint előzetesen azt várjuk, hogy a 12 órás értékek jobban növekednek, mint a 00 órák.

Ahhoz, hogy a vizsgált adatbázisok kellőképpen reprezentatívak legyenek, az állomási adatsorok homogenizálását, az esetleges adathiányok pótlását, továbbá az adatok minőségellenőrzését a MASH (Multiple Analysis of Series of Homogenization) szoftverrel végeztük el (Szentimrey, 2017). A térbeli reprezentativitás biztosítása érdekében sűrű, szabályos rácshálózatra interpoláltuk az így kapott értékeket, mely eredményeként nyilatkozhatunk már az ország teljes területén az éghajlatról és annak esetleges változásairól. Kifejezetten meteorológiai célra kifejlesztett interpolációs eljárást: a MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis) rendszert használtuk az itt bemutatott elemzésekhez (Szentimrey és Bihari, 2014). Az óraértékek és napi középhőmérsékletek trendjeit összehasonlítva, térképen mutatjuk meg, hogy az egyes régiókban hogyan változtak 50 év alatt a napon belüli értékek. Többek között választ kapunk ezáltal arra, hogy mely évszakban, mely óraértékek trendje mutatja a teljes időszak alatt a legnagyobb változást és mely változások tekinthetők szignifikánsnak.

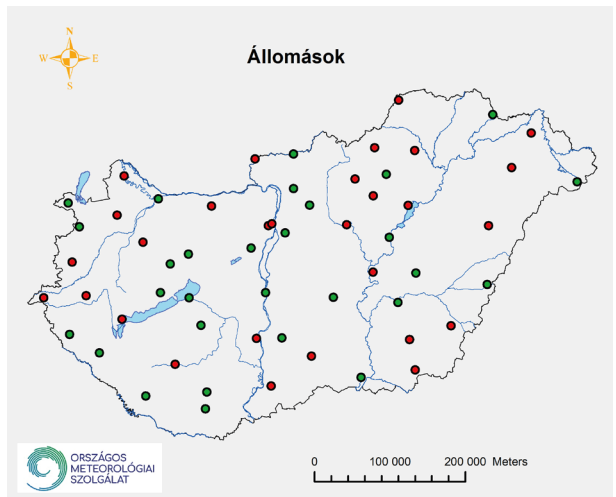
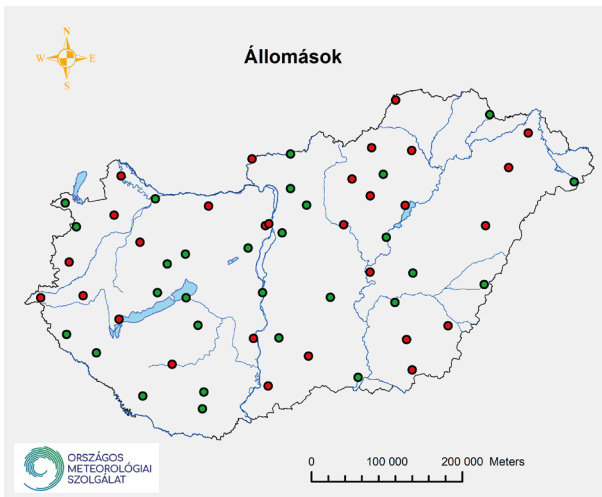
A felhasznált MISH interpolációs rendszer gyakorlatban való alkalmazásának eredményessége kiemelkedő. Az éghajlati vizsgálatokhoz a természettudományokban elterjedt közönséges kriging, illetve inverz távolság módszerek alkalmazásához képest a MISH rendszerrel végzett interpoláció minden adatbázis adatsoraiban

sokkal kisebb hibaértékkel bír, így használata lényegesen célravezetőbb az egyéb interpolációs eljárásokkal szemben (Hoffmann *et al.*, 2018). Ennek oka abban rejlik, hogy a meteorológiában nem feltételezhetjük azt, hogy nincs térbeli trend, ahogy ezt több interpolációs módszer is feltételezi, mivel a meteorológiai paraméterek várható értéke az ország változatos domborzati viszonyai révén a különböző tájegységeken eltérő. A korszerűbb módszerek (regression kriging, universal kriging) esetén már van térbeli trend a modellben, de a sztochasztikus kapcsolatokat nem a hosszú homogenizált adatsorok segítségével határozzák meg, hanem egyetlen időbeli minta alapján, így nem használnak fel minden a mérésekben rejlő információt (Cressie, 1991).

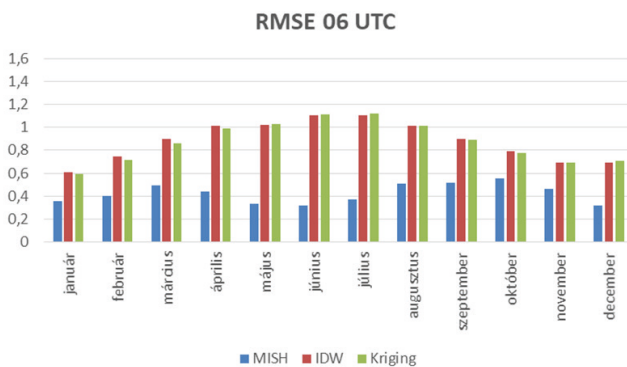
Meteorológiai vizsgálatok esetén elmondható, hogy hosszú adatsorokkal rendelkezünk, így a vizsgált térségekre vonatkozóan sokkal több információ áll a rendelkezésünkre, mint általában a földtudományokban. A MISH modellező alrendszere ezeket az információkat felhasználva tud jobb becslést adni azokba a pontokba, ahol korábban nem volt mérés.

Kiválasztva az inverz távolság (IDW) és a közönséges Kriging (OK) módszereket, szemléltetjük, hogy a 06 UTC és a 18 UTC esetében a havi értékekre vonatkozóan mennyivel kisebb hibát kapunk, ha a MISH használatát választjuk. Az ArcMap szoftverbe épített cross validation eljárást alkalmaztuk ennek kimutatására, amely első lépésben, véletlenszerűen osztja fel az állomásrendszert két halmazra. Az 1. ábra bemutatja, hogy az 58 hazai állomás közül a két vizsgált óraérték esetén 29-29 „training” és „teszt” állomást különített el az ArcMap. Mind a közönséges kriging, mind az IDW alkalmazása esetén az RMSE (négyzetes hiba) értékeket hasonlítottuk a MISH felhasználásával kapottakhoz.

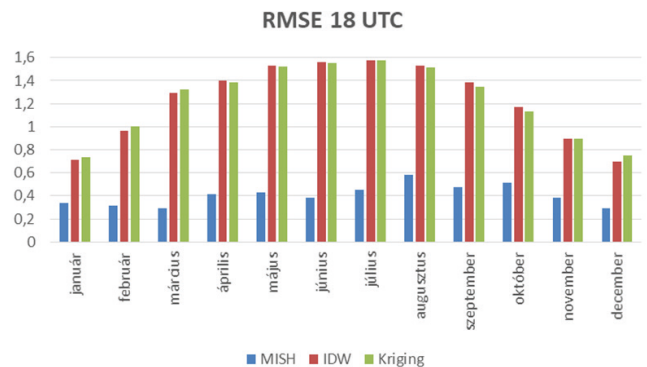
Az RMSE értékek összehasonlításának eredményét a 06 UTC esetben a 2. ábra szemlélteti. Itt a négyzetre emelés miatt a hibáról pontosabb képet kapunk, ami esetleg az átlagos hibaérték (ME) vizsgálatokor félrevezető lehet annak megítélésében, hogy melyik a pontosabb módszer. Választ kapunk arra is, hogy miért a MISH módszert választjuk. A 06 UTC esetében októberben



1. ábra. A 06 UTC és a 18 UTC értékek validációjához felhasznált állomások csoportjai; bal oldalon a 06 UTC esetén a zöld a „training”, a piros a „teszt” állomások, jobb oldalon pedig a 18 UTC esetén a zöld a „training” a piros pedig a „teszt” állomások földrajzi elhelyezkedése.



2. ábra. RMSE értékek a különböző interpolációs módszereknél, 06 UTC értékekre.



3. ábra. RMSE értékek a különböző interpolációs módszereknél, 18 UTC értékekre.

legnagyobb a MISH hibája, de még így is lényegesen kisebb, mint a másik két vizsgált interpolációs technika felhasználásával. A legkisebb RMSE értéket januárban adja az IDW, illetve a kriging, de ekkor is a MISH hibája gyakorlatilag ennek a fele.

Hasonlóan a 06 UTC eredményekhez, a 3. ábrán látható 18 UTC esetben az RMSE értékek szintén a MISH esetén a legalacsonyabbak, tehát ennek használatával követünk el a lehető legkisebb hibát. Az ábra egyértelműsíti, hogy a MISH alkalmazásával kapott hiba akár negyede

is lehet a közönséges kriging és az inverz távolság módszerek hibájának. A vizsgálat tehát gyakorlati szempontból is alátámasztja, hogy a MISH esetén érthetjük el a legjobb becslést. Ez az elemzés folytatható és kibővíthető, hiszen az állomások számát is változtathatjuk, úgy ahogyan a „training” és a „teszt” állomások arányát is. Erről már korábban is jelent meg tanulmány, ahol hasonlóan jól szerepelt a MISH a másik két módszerrel szemben (Hoffmann et al., 2018).

Módszer

A hőmérsékletre vonatkozó vizsgálataink során (mivel normális eloszlást feltételezhetünk) lineáris trendbecslést alkalmaztunk a következő általános modell felhasználásával:

$$x(t) = m(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

ahol $t = 1, 2, 3, \dots, n$.

Itt az $x(t)$ tendencia függvény időszakos változást az $m(t)$, illetve az ezzel járó $\varepsilon(t)$ zajfaktor szemlélteti (Szentimrey, 1989). Az alkalmazhatóság feltétele, hogy a zaj várható értéke 0, a változó szórása σ legyen, és teljesüljön rájuk a teljes függetlenség.

Az elméleti trendfüggvényt a lineáris modellből kiindulva az alábbi időtől függő függvénnyel közelítettük elemzéseink során:

$$x(t) = \alpha + \beta \cdot t + \varepsilon(t), \text{ ahol } t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Itt a tagok egymástól teljesen függetlenek, azonos eloszlásúak, továbbá

$$E(\varepsilon(t)) = 0, D(\sigma(t)) = \sigma(t = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (3)$$

A közelítés pedig megadható az alábbi formulával:

$$\hat{\alpha} = x - \hat{\beta} \bar{t} \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^n (x(t) - \bar{x})(t - \bar{t})}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2} \quad (4)$$

ahol $\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x(t)}{n}$ és $\bar{t} = \frac{\sum_{t=1}^n t}{n}$ az átlagértékeket jelölik (Dévényi és Gulyás, 1988).

Normális eloszlású valószínűségi változók esetén a lineáris trendbecslés egyben a legpontosabb eljárás, azaz a négyzetes hiba várható értéke ez esetben minimális (Matyasovszky, 2013; Móri és Székely, 1986). A lineáris trendvizsgálat során a módszer elvégzéséhez szükséges feltételek teljesülnek az évi, évszakos, és havi átlaghőmérsékletek adatsoraira is (Izsák és Szentimrey, 2020). Fontos a módszer részfolyamatait tekintve, hogy a teljes adatsort nem egyben vizsgáljuk. Ennek lényege, hogy míg a meteorológiában sokan idősorokat vizsgálnak, itt külön számolunk a havi adatsorokkal.

A kutatás során tehát lineáris trendvizsgálatot végeztünk el az öt rácsponti (négy órás és egy napi) adatsorra vonatkozóan. Ennek lépései a következők voltak: a homogenizált és minőségellenőrzött állomási adatsorokon lineáris trendillesztést végeztünk, majd a MISH rendszerrel interpolált trend értékeket 0,5'-es felbontással jelenítettük meg Magyarország területére. Itt a trend egyenletet felhasználva megadható – a $\hat{\beta}$ értéke pedig a (4) formulával számolható – a teljes vizsgált időszak (1971–2020) alatti változás az (5) formulával becsülhető:

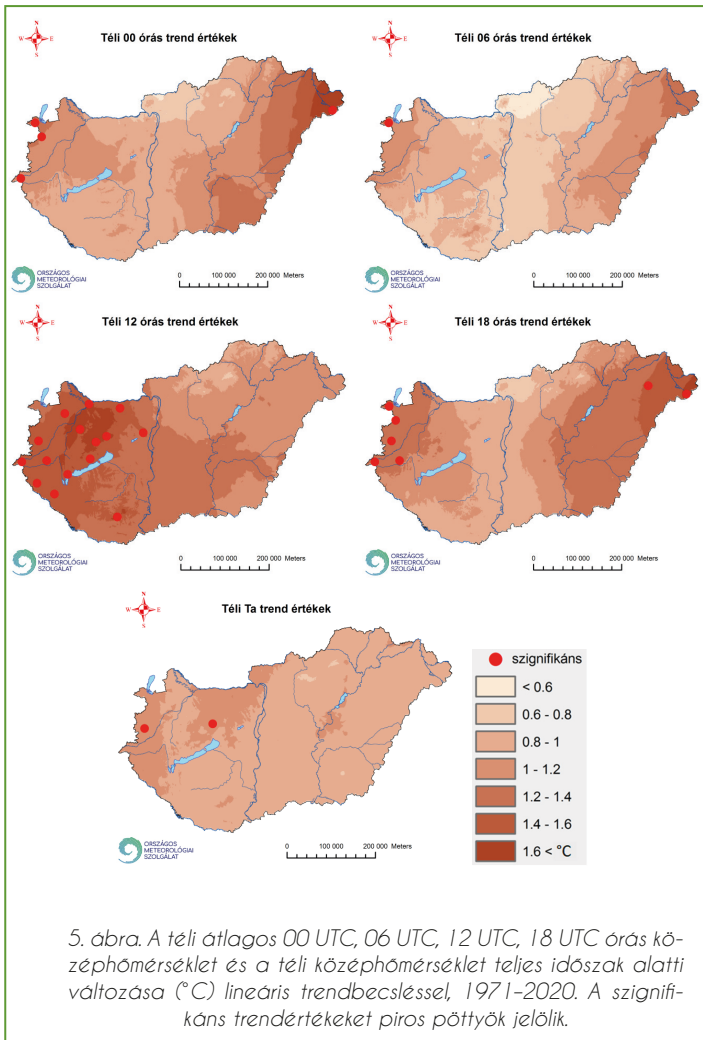
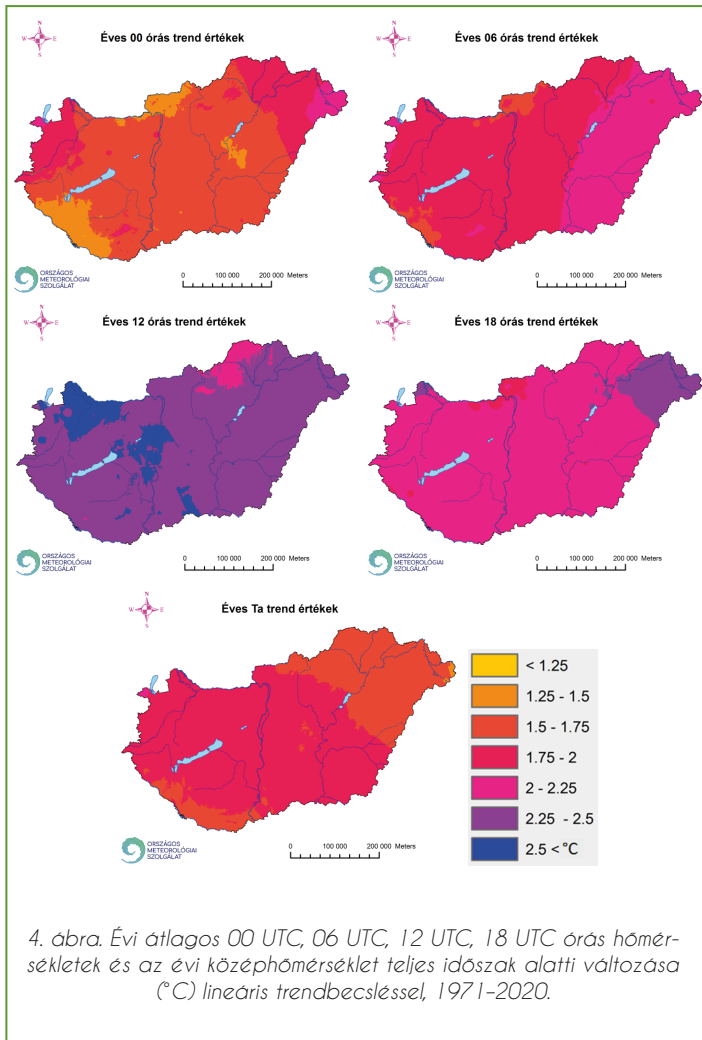
$$\hat{\beta} \cdot n - \hat{\beta} \cdot 1 = \hat{\beta} \cdot (n - 1) \quad (5)$$

Esetünkben $n=50$. Az (5) formulához meghatározandóként becslést adtunk meg a β együttható teljes időszak alatti változására (Szentimrey, 2019). Megadtuk továbbá a 0,1-es szignifikanciaszinten a konfidencia intervallumot, mely segítségével könnyen belátható, hogy ahol ez a konfidenciaintervallum nem tartalmazza a 0 értéket, ott szignifikáns a változás, tehát szignifikáns trendet detektálhatunk.

Eredmények

Éves átlagban tekintve az órás adatsorokat (4. ábra) a 12 órás adatbázishoz rendelhető a legmagasabb trend értékek, gyakorlatilag az ország egész területén 2 °C feletti változás értékekkel. A területi eloszlás, mind az öt adatsor esetén összefügg egymással, és nem mutat jelentős eltéréseket. A 12 órás után a várakozásainknak megfelelően, a 18 órás mérések mutatják a legnagyobb változást, a 00 órás adatsor a legalacsonyabbakat. Alacsony értékek főként a délnyugati határvidéken, továbbá az északkeleti határ mentén jellemzők, mind a négy órás adatbázis vizsgálatakor, melyhez igazodik a T_a (napi középhőmérséklet) adatbázison megjelenő trend is.

A trendvizsgálattal kapott eredmények alapján elmondható, hogy a tavasz, a nyár és az ősz esetében szignifikánsnak tekinthetők a változások minden állomás esetében. Ezzel szemben télen (5. ábra), a 00 órás esetben négy, a 06 órás adatsorban egy, a 12 órás adatsorban 15 és



a 18 órás adatsorban csak hét olyan állomás van a felhasznált 58 közül, ahol szignifikánsnak tekinthető a lezajló változás, míg a napi középhőmérsékletek állomási adatbázisát nézve összesen kettő. Főként a nyugati országrészben, az Alpokalja térségében található ezek az állomások, de az északkeleti határmenti térségben is látható több esetben ilyen állomás. Továbbra is a téli trendek vizsgálatára szorítkozva a 00 órás esetben az északkeleti határ térségében mutatkoznak a legnagyobb trend értékek. A 06 órás adatsorok hasonló képet mutatnak, illetve itt még megjelenik egy nagyobb változást mutató régió a Dunántúl északnyugati szegletében. Ezzel szemben a 12 órás téli trendértékeket tekintve már a legmagasabb értékek áthelyeződése

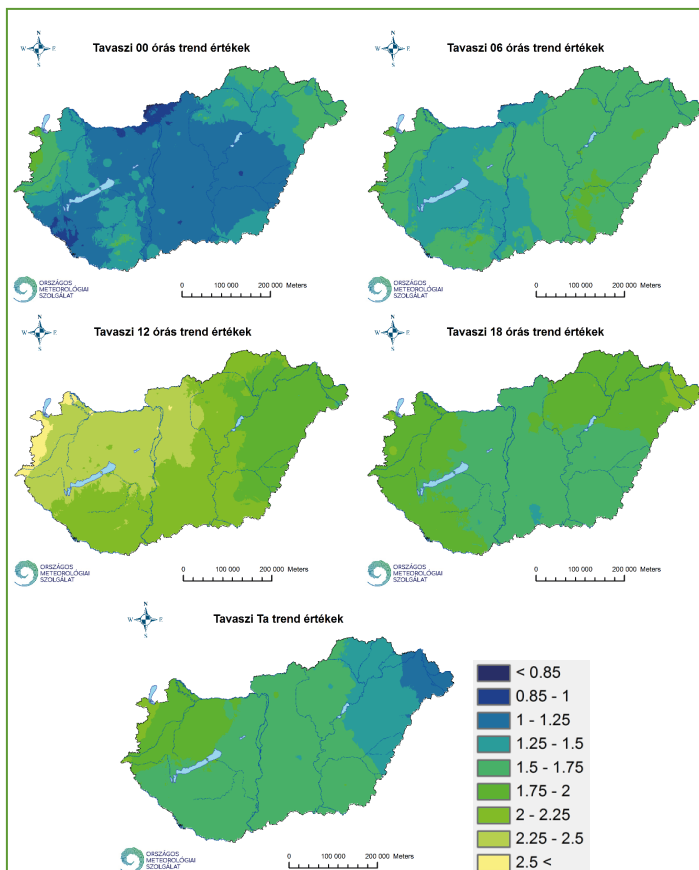
látható a 00 és 06 órás adatbázisok legmagasabb értékeinek elhelyezkedéséhez képest az északkelet-magyarországi térségből az Alpokalja régiójába. A 18 órás trendek pedig inkább a 06 óráshoz hasonlítanak a 12 órás helyett, vagyis a legmagasabb értékek a Tiszántúl régiójához társíthatók. A négy darab órás adatbázis tehát egyöntetűen az észak-magyarországi térségre adja a legalacsonyabb lineáris trend értékeket télen.

A következő ábraszorozat (6. ábra) a tavaszi trendeket mutatja. Tulajdonképpen, mivel minden állomáson szignifikánsnak tekinthető a változás mértéke, így az összehasonlítás alapját az képezi, hogy az ország mely térségeiben adható meg az öt adatbázis kapcsán a legmagasabb

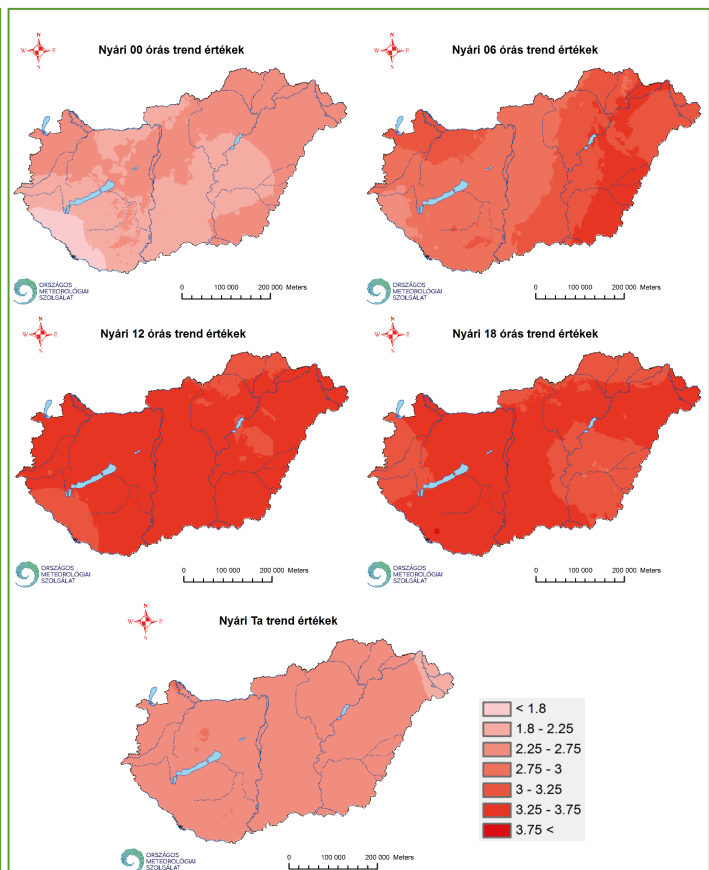
és legalacsonyabb trend értékek sokasága, illetve, hogy ezekben mekkora eltérés mutatkozik. A 00 órás értékekben, az észak,- északkelet-magyarországi régióban a legmagasabb a kimutatható trend érték, mely a télihez hasonlítva magasabbnak bizonyul. A 06 órás adatbázishoz tartozó magasabb értékek gyakorlatilag az egész Tiszántúlt lefedik, a legalacsonyabb értékek pedig a Közép-Dunántúlon mutatkoznak. A 12 órás eset hasonló a téli eredmények struktúrájához, de a legmagasabb trendértékek térben áthelyeződtek, mivel a Tiszántúli régióhoz, különösképp a határmenti területekhez gyakorlatilag nemhogy a legmagasabb értékek, de a legalacsonyabbak társulnak, felborítva ezzel a délelőtti napi menet várható alakulását. A legnagyobb trendértékek itt a főváros térségéhez,

valamint a Fertő-tó környékéhez rendelhetők. A 18 órás óraértékek trendjének területi eloszlása a 00 órással hozható összefüggésbe, mivel mindkét esetben a legmagasabb értékek az északi országrészben jelentkeznek. Alapvetően a dél-alföldi régió jellemezhető alacsonyabb értékekkel ebben az adatbázisban, illetve megjelenik még egy magasabb értékekkel jellemezhető térség a Nyugat-Dunántúl határmenti régiójában.

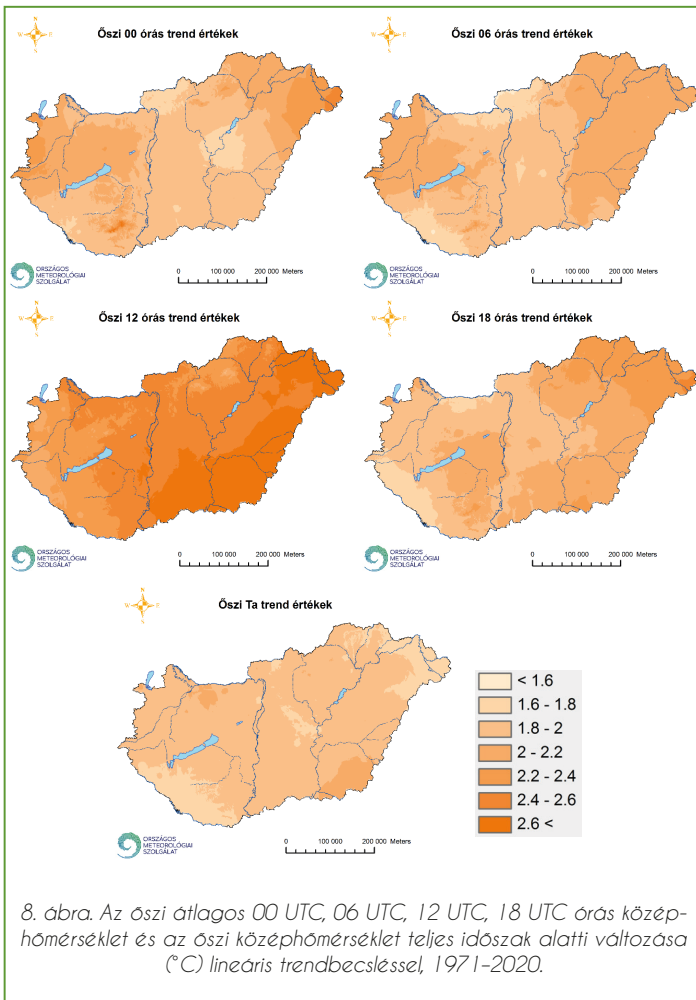
Áttérve a nyári eredmények vizsgálatára (7. ábra) mind az öt adatbázis esetén a többi évszakos eredményekhez mérten, a legmagasabb trend értékek nyáron adódnak. A 00 órás vizsgálatok esetében az ország nagy részét nagyobb értékekkel jellemezhetjük, mint minden más évszak esetén. Kiemelhető mégis az északkeleti határvidék, mint legmagasabb



6. ábra. A tavaszi átlagos 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC órás középhőmérséklet és a tavaszi középhőmérséklet teljes időszak alatti változása ($^{\circ}\text{C}$) lineáris trendbecsléssel, 1971–2020.



7. ábra. A nyári átlagos 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC órás középhőmérséklet és a nyári középhőmérséklet teljes időszak alatti változása ($^{\circ}\text{C}$) lineáris trendbecsléssel, 1971–2020.



értékekkel bíró térség, illetve a Dél-Dunántúl, ahol a legalacsonyabb értékeket kaptuk eredményül. Ezek az értékek a korábban jellemzett két évszak esetében nem számítottak alacsonynak, a lényegesen magasabb trendérték maximummal jellemezhető nyár esetén viszont mégis rendkívül alacsonyak. A 06 óras értéket tekintve a Körös–Maros köze jellemezhető a legnagyobb változással, ahol a maximum a nyári 00 órasokhoz képest is – várható módon – magasabb. A Délnyugat-Dunántúl térsége illetve a fővárostól északra lévő területen tűnnek fel a legalacsonyabb értékek. A rendelkezésre álló 12 óras adatbázis vizsgálata alapján az északnyugat-magyarországi régióban a legmagasabbak a trend értékek, a legalacsonyabbak pedig a délnyugat-magyarországi valamint

az ország középső területein jelennek meg. A 00 és 06 óras adatbázisokra elvégzett trendvizsgálat eredménye-
ihez képest átrendeződés látható. Ehhez képest a 18 óras adatsorok elemzése szerint a legalacsonyabb értékek a Körös–Maros térségében láthatók, a legmagasabbak pedig a Dél-Dunántúlhoz társíthatók.

Végül az őszi trendeket elemezve (8. ábra) a 00 óras adatbázison kiemelkedően alacsony értékek társíthatók a délnyugat-magyarországi határvidékhez, a Tisza és a Zagyva találkozásának térségéhez, valamint a Budapesttől északra fekvő területekhez. Magasabb értékek láthatók már a Közép-Dunántúlon, és itt, valamint az északkelet-magyarországi részekben mutathatók ki a legnagyobb változások. A 06 óras értékek igen hasonló eredményeket mutatnak. Kiemelhető, hogy az ősz az az évszak, amikor a leginkább összefügg a két adatbázis trendvizsgálatával kapott eredmények eloszlása. Ehhez mérten a 12 óras trendértékeket meghatározva, már nagyobb a különbözőség a területi eloszlásban. A legmelegebb értékek a délkeleti régióban olvashatók le, ezzel szemben a legalacsonyabbak

pedig az Alpokalja területén. A 18 óras eredmények esetében újból az északkelet-magyarországi régió térségében mutatható ki leginkább jelentős változás, emellett magas értékek társíthatók még az észak-alföldi, továbbá a Körös–Maros közti területekhez is. A legkisebb trendértékek a délnyugati határ mentén, illetve a Dunántúl legészakibb térségeiben mutatkoznak.

Az évszakai trendeket egymással összevetve az 1. táblázat alapján a minimum értékek (legkisebb érték az ország területén) minden esetben a 12 óras adatbázis esetén a legnagyobbak. Hasonlóképp jellemezhető a maximumok (legnagyobb érték az ország területén) megjelenése is, ugyanis tavasszal és ősszel a 12 óras adatbázis maximumai a legmagasabbak, télen a 00 óras, nyáron pedig a 18 óras trendértékek

00 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,53	1,05	1,93
Tavaszi	0,74	1,27	2,1
Nyár	1,15	2,26	2,86
Ősz	1,6	1,98	2,66

06 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,32	0,87	1,42
Tavaszi	1,15	1,59	2
Nyár	2,43	3,04	3,49
Ősz	1,39	1,98	2,39

12 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,73	1,28	1,87
Tavaszi	1,74	2,16	2,7
Nyár	3,05	3,37	3,67
Ősz	1,95	2,49	2,85

18 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,65	1,13	1,65
Tavaszi	1,45	1,75	2,15
Nyár	2,93	3,31	4,1
Ősz	1,61	2,03	2,42

1. táblázat. A négy darab, hatórás adatbázis évszakos változásának lineáris trendbecsléssel kapott értékei (1971–2020, teljes Magyarország területére interpolált értékek, 0,5° felbontás).

rendelkeznek a legnagyobb maximum értékekkel. Ebből következik, hogy az átlag értékek is a 12 órás adatsorok esetén a legnagyobbak.

Összefoglalás

Az éves trendvizsgálatok eredménye alapján látható, hogy a várakozásainknak megfelelően a 12 órás adatbázishoz rendelhető a legnagyobb változások. Kijelenthető, hogy alapvetően a 00 és 06 órás adatbázisokban kimutatott évszakos lineáris trendek szoros összefüggésben vannak, azonban ehhez képest a 12 órás trendértékek nagysága és térbeli eloszlása is lényegesen eltérő, melyhez leginkább a 18 órás trendértékek hasonlíthatók főként nyáron és ősszel.

Irodalom

- Bartholy, J., Bozó, L. és Haszpra, L., 2011: Klímaváltozás – 2011. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke. Budapest.
- Bloomfield, P., 1992: Trends in global temperature. *Clim. Ch. 21*(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/BF00143250>
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and Nanni, T., 2006: Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. of Clim. 26*(3), 345–381.
- Cressie, N., 1991: *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York.
- Dévényi, D. és Gulyás, O., 1988: Módszerek valószínűségi változók becslésére. Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest. 192–220.
- Hoffmann, L., Izsák, B. and Lakatos, M., 2018: Comparison of different interpolation methods for Hungarian climatological data. EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2018, Budapest, 2018. szeptember 3–7.
- Izsák, B. and Szentimrey, T., 2020: To what extent does the detection of climate change in Hungary depend on the choice of statistical methods? *GEM – Int. J. Geomath. 11*, 17. <https://doi.org/10.1007/s13137-020-00154-y>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B. és Szentes, O., 2021: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas 2*, 164–171. <https://doi.org/10.1556/112.2021.00037>
- Matyasovszky, I., 2013: A regresszió közelítései. In: *Statisztikus klimatológia (Idősorok elemzése)*. ELTE Eötvös Kiadó. Budapest. 88–139.
- Móri, F.T. és Székely, J.G., 1986: *Többváltozós statisztikai analízis*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Szentimrey, T., 1989: A lineáris analitikus trendvizsgálat néhány elvi módszertani kérdése. *Időjárás 93*, 151–156.
- Szentimrey, T., 2017: *Manual of homogenization software MASHv3.03*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Szentimrey, T., 2019: *Mathematical methodology and software for comparison of gridded datasets*. Budapest, *OMSZ tanulmány 10*.
- Szentimrey, T. és Bihari, Z., 2014: *Manual of interpolation software MISHv1.03*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.