

Az évszakok változása Marosvásárhelyen, 1951-2022-es éghajlati idősorok alapján

The change of seasons in Târgu Mureș based on 1951-2022 climatological time series

Dr. RUSZ Ottilia

Meteorológiai Iroda Marosvásárhely, Szabadság utca 120, ruzsotti@yahoo.com

Abstract

Climatological time series of seasons from the period 1951-2022 in Târgu Mureș were analysed. The results show increasing trends in mean temperatures, mean of maximum and minimum temperatures in winter, spring and summer. Two-part regression analyses evidenced that winter ends earlier. A positive trend is characteristic for summer and tropical days, length of heatwaves (in summer), number of days with precipitation in winter and autumn. The number of days with snow cover and cold nights has an increasing trend.

Keywords: Târgu Mureș, seasons, temperatures, precipitation, change

Kulcsszavak: Marosvásárhely, évszakok, hőmérséklet, csapadék, változások

1. BEVEZETŐ

Az IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) hatodik értékelő jelentése 11. fejezetében leszögezte, hogy az éghajlatváltozás különböző módon változtatja meg az éghajlati elemek, jelenségek gyakoriságát és erősségét. Az éghajlatváltozás nagyon eltérően nyilvánulhat meg attól függően, hogy melyik régióról vagy melyik évszakra, illetve melyik meteorológiai paramétról van szó [8]. Hazánkban a középhőmérséklet nő a téli, a tavaszi és a nyári évszakokban. A szélső hőmérsékletekhez kapcsolódó hideg éghajlati mutatók csökkennek, míg a meleghez kapcsolódó indexek nőnek (például a nyári napok száma) [1]. Marosvásárhelyen 2010-ig csak a nyári hónapokban és májusban volt hőmérséklet növekedés [4]. Az éves csapadékmennyiség nem változott. A Pálfai-féle aszályossági index az 1987-es évre mutatott egy mérsékelt aszályt [5].

A vizsgálatokhoz a marosvásárhelyi meteorológiai állomás néhány éghajlati idősorát használtam az 1951-2022-es időszakból [11]. A trendvizsgálatot a Mann-Kendall teszt segítségével végeztem el [2, 3], a trend meredekségének a meghatározáshoz az úgynevezett Sen-mereedség értéket használtam [7]. Az adatokat a Microsoft Excel szoftveren kívül az XLSTAT [10], az AnClim [9] és a Makesens [6] programokkal értékeltem. Ahol nincs külön említve, ott a trendek statisztikai szignifikanciája a 0,05-ös szinten van meghatározva.

2. A LEVEGŐ HŐMÉRSÉKLETÉNEK VÁLTOZÁSA

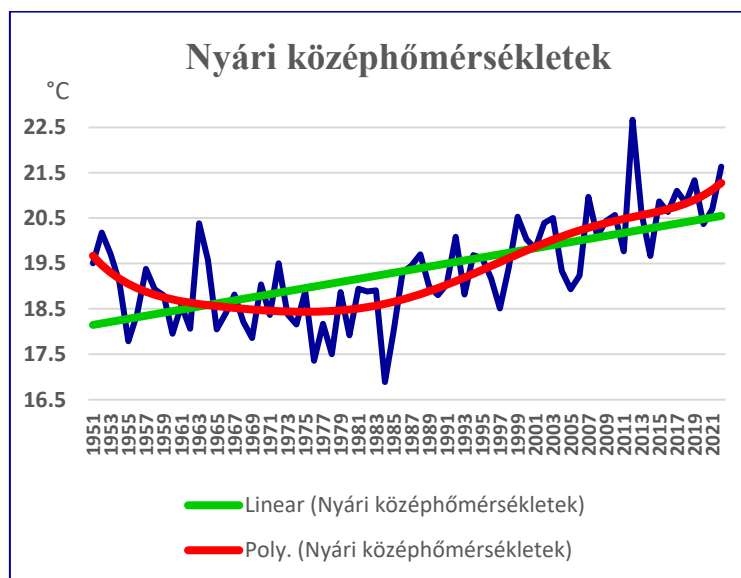
2.1. A középhőmérsékletek alakulása

A vizsgált időszakra az éves középhőmérséklet 9,2 °C. A nyár sokéves középhőmérséklete 19,3 °C, ezt követi a tavasz 9,8 °C-kal, majd az ősz 9,3 °C-kal. Ez az érték a téli évszakban már negatív: -1,8 °C. A legmelegebb nyár 2012-ben volt, ekkor a középhőmérséklet 2 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot, 22,7 °C volt. A leghidegebb nyarat 1984-ben jelezték, ekkor 16,9 °C volt a nyári középhőmérséklet. Ami a telet illeti, messzemenően a leghidegebb az 1984-1985-ös tél volt, ekkor csak -8,1 °C volt a középhőmérséklet. A legnagyobb szórás a téli középhőmérsékletek esetében van, ez 2.1. A többi évszak esetében ez az érték 1,1 (tavasz, nyár), illetve 1,0 (ősz). (1. táblázat). A legmelegebb nyári, illetve leghidegebb téli értékek úgynevezett kiugró értékek.

A trend vizsgálat az ősz kivételével, a többi három évszak esetében statisztikailag szignifikáns növekvő trendet mutat. A legintenzívebb melegezés a nyárra jellemző, a trend meredeksége (Sen mereedség értéke) ebben az évszakban a legnagyobb, 0,036 (1. ábra). A tél esetében 0,026, míg tavasszal 0,023 ez az érték.

1. táblázat. Az évszakok középhőmérsékletei Marosvásárhelyen (1951-2022), a legnagyobb és a legkisebb értékek, valamint a szórás

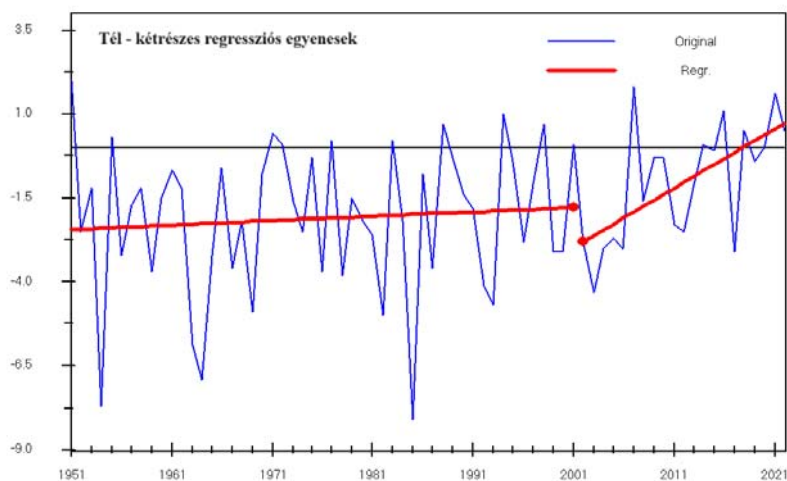
°C	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz
Sokéves középhőmérséklet	-1,8	9,8	19,3	9,3
Maximum középhőmérséklet/év	2,0 (1950-1951)	12,4 (2018)	22,7 (2012)	11,8 (2019)
Minimum középhőmérséklet/év	-8,1 (1985-1986)	7,2 (1955)	16,9 (1984)	7,3 (1988)
Szórás	2,1	1,1	1,1	1,0



1. ábra

A nyári középhőmérsékletek (kék vonal), lineáris trend (zöld vonal), hatodfokú polinomiális regresszió (piros vonal)

A kétrészes regressziós egyenesek (lineáris regresszió) azt mutatják, hogy a nyár esetében egy statisztikailag csökkenő trend észlelhető az 1951-1985-ös időszakban, illetve az ezt követő, statisztikailag szignifikáns növekvő trend jellemző az 1986-2022-es periódusra. A tél esetében egy szinte változatlan időszak után a 2002-2022-es periódusban egy statisztikailag szignifikáns trend figyelhető meg (2. ábra). Az őszi középhőmérséklet is nő a második időszakban (1971-2022), míg a tavasz esetében nincsenek statisztikailag szignifikáns trendek egyik periódusban sem.



2. ábra

A téli középhőmérsékletek kétrészes regressziós egyenesei

Az éghajlatváltozással kapcsolatban gyakran felmerül nemcsak például az évszakok hőmérsékleteinek a változása, hanem az esetleges eltolódásuk is. Ugyanakkor elég nehéz objektív módszert találni arra, hogy egy éven belül mikor kezdődik és végződik valamelyik évszak. Az évszakok közti átmeneteket (dátumok) szintén a kétrészes regresszió segítségével próbáltam meghatározni, de ezúttal középtételekre, nem lineáris regresszióra. Minden évszak esetében a két átmeneti hónapot vettem figyelembe, azaz február-március, május-június, augusztus-szeptember és november-december párosokat. A kétrészes regresszió segítségével azt kerestem, hogy mikor történt változás a középhőmérsékletekben. Ennek alapján az évszakok relatív váltásai átlagban a következő dátumokon történnek: tél-tavaszi március 3., tavasz-nyár május 29., nyár-ősz szeptember 3., ősz-tél november 28. Statisztikailag szignifikáns trendet (0,1-es szinten), azaz eltolódást csak a tél és a tavasz között találtam, azaz a tél egyre hamarabb ér véget (3. ábra).



3. ábra

A tél-tavaszi közti átmenetek (dátumok). A piros vonal a lineáris trend (0,1-es szignifikancia szint), ami csökkenő, azaz a tél egyre hamarabb ér véget

2.2. A maximum és a minimum hőmérsékletek alakulása

A maximum és a minimum hőmérsékletek esetében nemcsak az abszolút értékeket vettem figyelembe, hanem ezek középtételeit is, a hónapi közép maximumokat és minimumokat. 1951 óta a legmagasabb hőmérsékleti értéket 2012. augusztus 25-én jegyezték Marosvásárhelyen (38,8 °C), míg a legalacsonyabbat 1963. január 23-án (-32,8 °C). Feltűnő az őszi maximum hőmérséklet, 35,5 °C. Ezt ugyan az évszak elején, 2015. szeptember 2-án mérték, de 19-én is nagyon magas volt ez az érték, 35,2 °C. Megállapítható, hogy általában a magas értékek az utóbbi évekre/évtizedekre jellemzők, míg az alacsonyabbak a vizsgált periódus első részére. De vannak kivételek is, például az őszi minimum hőmérsékletek legkisebb hónapi középtétele 2011-ben volt, ez 1,7°C. A szélsőértékek középhőmérsékletének a szórása szintén télen a legnagyobb, akárcsak a középhőmérsékletek esetében (2. táblázat).

A maximum és a minimum hőmérsékletek hónapi középtételei statisztikailag szignifikáns, növekvő lineáris trendeket jeleznek a téli, a tavaszi és a nyári évszakokra.

2. táblázat. A maximum- és a minimum hőmérsékletek főbb statisztikai jellemzői

	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz
Abszolút maximum hőmérsék-	19,6 (2017,02,28)	33,1 (1969,05,16)	38,8 (2012,08,25)	35,5 (2015,09,02)
Abszolút minimum hőmérsék-	-32,8	-22,3	2,0 (1955,06,01)	-19,6
Középmaximumok átlaga	2,4	16,4	26,2	15,9
Középminimumok átlaga	-5,3	4,2	13,2	4,4
Legnagyobb középmaximum	6,9 (1950-51)	19,5 (2018)	30,9 (2012)	19,7 (2019)
Legnagyobb középminimum	-1,4 (2007)	5,7 (1994)	14,8 (2010, 2012,	6,3 (2020)
Legkisebb középmaximum	-3,8 (1984-85)	13,1 (1955)	23,4 (1976)	12,3 (1978)
Legkisebb középminimum	-13,1 (1953-54)	1,5 (1960)	11,3 (1984)	1,7 (2011)
Középmaximum szórása	2,1	1,5	1,5	1,4
Középminimum szórása	2,4	0,9	0,8	1,0

A napi maximum és minimum hőmérséklet közötti különbség az amplitúdó. A legnagyobb havi amplitúdó középérték nyáron van (13,1 °C), azaz nyáron általában nagyobb a napi maximum és minimum hőmérséklet közti különbség. Ezt követi a tavasz (12,2 °C) és az ősz (11,6 °C). A legkisebb hőmérsékleti amplitúdóra télen számíthatunk, a havi középérték 7,6 °C. Tavasszal és nyáron statisztikailag szignifikáns, pozitív trend van az amplitúdót illetően, a Sen-meredekség értékek 0,021 illetve 0,023. A legnagyobb hőmérsékleti amplitúdó tavasszal volt, 25,9 °C-kal. Ez 1974. március 20-án következett be, amikor a minimum hőmérséklet 0,8 °C volt, a maximum pedig 26,7 °C.

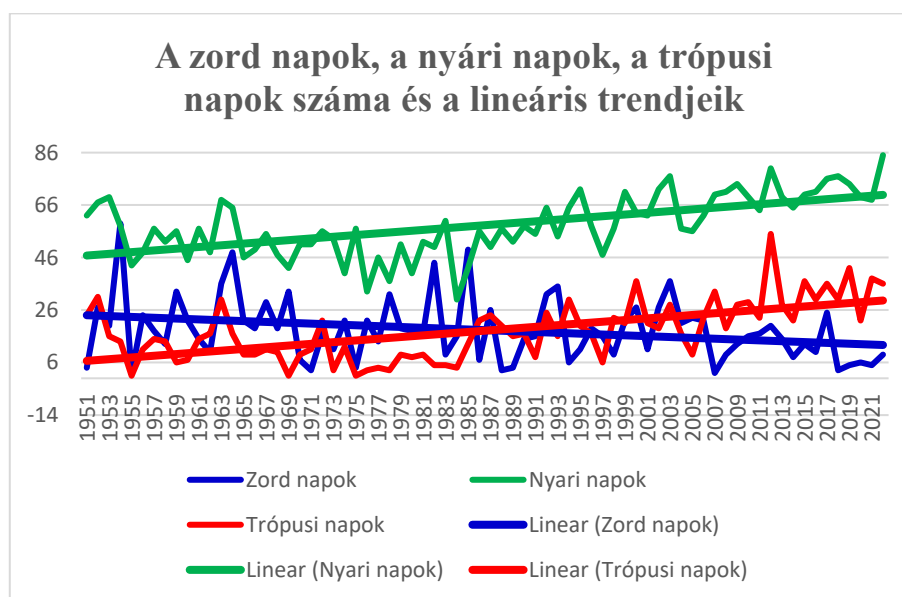
A maximum és a minimum hőmérsékletek segítségével megvizsgáltam, hogy miként változott a hőmérséklet egyik napról a másikra. Azokat az eseteket vettem figyelembe, amikor a maximum, illetve a minimum hőmérséklet 5 °C-kal változott egyik napról a másikra, bármilyen irányban. A legkevesebb eset nyáron volt (úgy a maximum, mint a minimum hőmérsékletek változása/ugrása esetében), a legtöbb télen, a minimumok változása/ugrása terén. Statisztikailag szignifikáns, pozitív trend csak a tavaszi minimumok változását illetően van, azaz tavasszal nő azon esetek száma, amikor a minimum hőmérséklet egyik napról a másikra több, mint 5 °C-kal változik pozitív vagy negatív irányban.

A küszöbértékeknél a következőket vettem figyelembe: a téli napok számát (a maximum hőmérséklet ≤ 0 °C) és a zord napok számát (a minimum hőmérséklet ≤ -10 °C) (télen), a nyári napok számát (a maximum hőmérséklet ≥ 25 °C és a trópusi napok számát (a maximum hőmérséklet ≥ 30 °C (nyáron) illetve a fagyos napok számát (a minimum hőmérséklet ≤ 0 °C) tavasszal és ősszel. 1975 nyarán csak egyetlen nap volt a hőmérséklet 30 °C felett, míg 2006-2007 telén csak két olyan nap volt, amikor a hőmérséklet kisebb volt -10 °C-nál (3. táblázat).

3. táblázat. A téli napok, a zord napok, a fagyos napok, a nyári napok és a trópusi napok száma

	Téli napok száma/tél	Zord napok száma/tél	Fagyos napok száma/tavasz	Fagyos napok száma/ősz	Nyári napok száma/nyár	Trópusi napok száma/nyár
Középérték	28,5	18,4	22,1	20,7	58,3	18,1
Maximum	64 (1984-85)	59 (1953-54)	41 (1997)	43 (2011)	85 (2022)	55 (2012)
Minimum	4 (1950-51)	2 (2006-07)	10 (2008)	5 (1960)	30 (1984)	1 (1975)

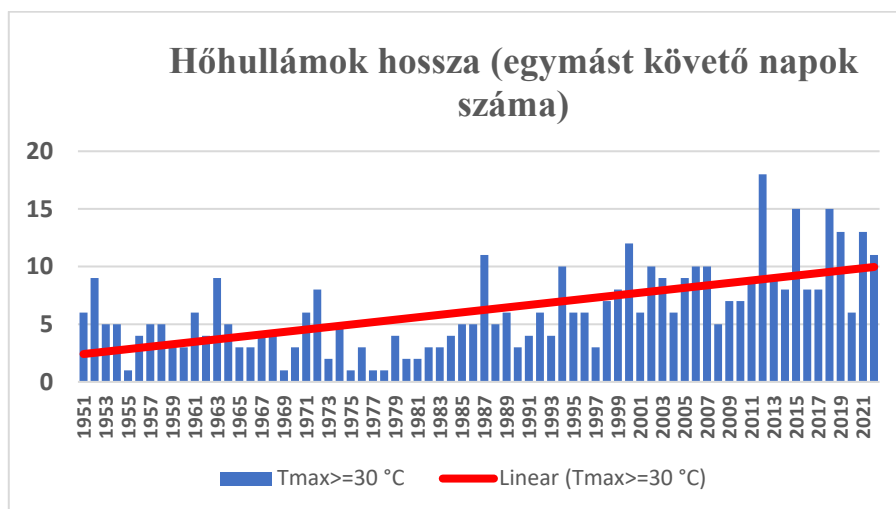
A nyári napok és a trópusi napok száma nő, míg a zord napok száma csökken (minden esetben statisztikailag szignifikáns trendekről van szó) (4. ábra).



4. ábra

A zord, a nyári és a trópusi napok száma és a lineáris trendjeik

A hőhullámokat többféleképpen is meghatározzák. Jelen dolgozatban azokat az egymást követő napokat vizsgáltam meg a nyár folyamán, amikor a maximum hőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot. A leghosszabb ilyen időszak 2012 nyarán volt. Ekkor 18 egymást követő napon keresztül, július. 23. és augusztus 9. között a maximum hőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot. A hőhullámok maximális hosszát illetően statisztikailag szignifikáns, pozitív trend a jellemző (5. ábra).



5. ábra

A hőhullámok maximális hossza

3. A CSAPADÉK MENNYISÉGÉNEK VÁLTOZÁSA

A legtöbb csapadék nyáron esik, és ekkor a legnagyobb a szórás is. A legkevesebb csapadék télen hull, és a szórás is a legkisebb ebben az évszakban. A legnagyobb csapadékmennyiséget 2005 nyarán jegyezték fel (429,7 mm), míg a legkisebbet 2011 őszén (19,0 mm). Az 1970-es rendkívüli nagy tavaszi csapadékmennyiség (290,2 mm) az akkori árvizeket juttatja eszünkbe (4. táblázat).

4. táblázat. *A csapadékmennyiségek statisztikai jellemzői*

mm	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz
Csapadékösszegek középértékei	88,9	152,0	225,7	119,6
Maximum csapadékmennyiség	164,9 (1969-70)	290,2 (1970)	429,7 (2005)	262,6 (2007)
Minimum csapadékmennyiség	39,4 (2001-02)	71,5 (2003)	90,4 (1952)	19,0 (2011)
Szórás	26,9	46,1	66,9	49,9

A legnagyobb, 24 órán belül leesett csapadékmennyiség is egy - ezúttal nyári - árvízhez kapcsolódik. 1975. július 2-án 67,8 mm hullt. Egyik évszakban sincs jelentős változás a 24 óra alatt lehullott maximum csapadékmennyiségeket illetően, nincsenek statisztikailag szignifikáns trendek. De nem változott egyik évszakban sem azon napok száma, amikor a 24 óra alatt lehullott csapadékmennyiség meghaladta a 10 mm-t.

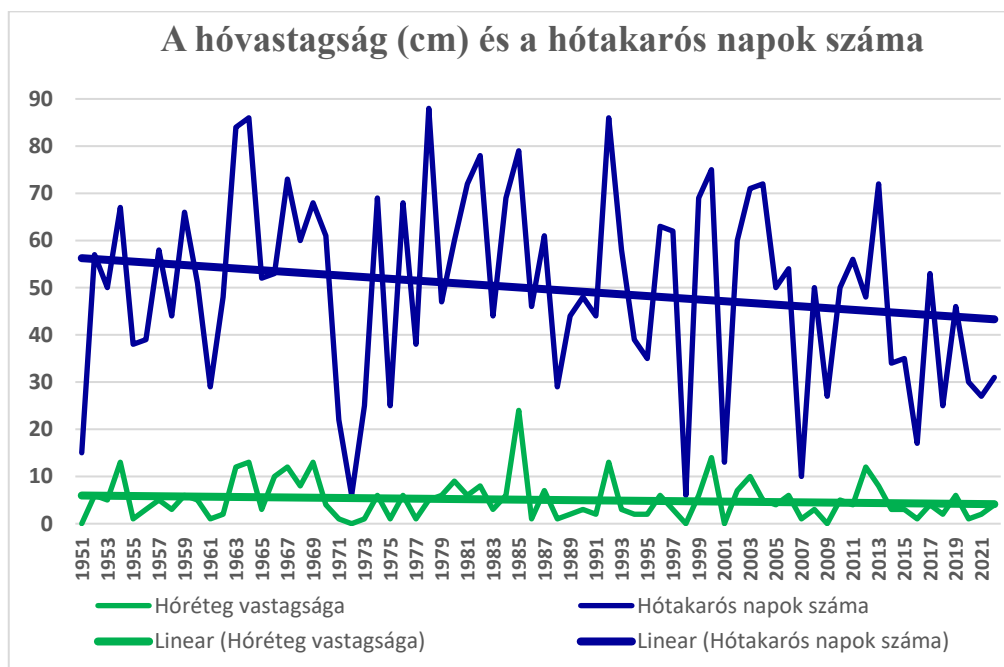
Ami a csapadékos napok számát illeti (azon napok száma, amikor a lehullott csapadék mennyisége egyenlő vagy több, mint 0,1 mm) télen és ősszel statisztikailag szignifikáns, pozitív trendek vannak. Legtöbb csapadékos nap 1968 telén volt (58), míg a legkevesebb pedig 1988 őszén (14).

A tavasz és a nyár esetében azt is megvizsgáltam, hogy az egymást követő száraz napok (csapadékmennyiség $\leq 1,0$ mm) illetve nedves napok (csapadékmennyiség $\geq 1,0$ mm) száma hogy változik. Egyik esetben sem találtam jelentős változást. A leghosszabb nedves periódus 2020 nyarán volt. Ekkor 12 egymást követő napon, június 10 és 21 között a napi csapadékmennyiség nagyobb volt, mint 1,0 mm. A leghosszabb száraz periódus 2009 tavaszán volt, amikor 34 egymást követő napon (április. 2 és május 5 között) a napi csapadékmennyiség kisebb volt, mint 1.0 mm.

4. A HAVAS NAPOK ÉS A HÓRÉTEG VÁLTOZÁSA

A hóréteg esetében a hótakarós napok számát (azon napok száma, amikor a hóval való borítottság mértéke nagyobb, mint 6) és a hóréteg vastagságát vizsgáltam meg a tél folyamán.

A hótakarós napok számának a középértéke 50, a hóvastagságé 5 cm. Az 1951-2022-es időszakban csökkent a hótakarós napok száma (statisztikailag szignifikáns, negatív trend). A hóréteg szempontjából egyelőre nincs jelentős változás (6. ábra).



6. ábra

A hóvastagság és a hótakarós napok száma télen és a lineáris trendjeik

5. ÖSSZEFOGLALÓ

Marosvásárhelyen az 1951-2022-es időszakban növekedés észlelhető a téli, a tavaszi, és a nyári közép-hőmérsékletek, valamint a maximum és a minimum hőmérsékletek középértékei esetében. Szintén nő a nyári napok és a trópusi napok száma (nyár), viszont csökken a zord napok száma (tél). Tavasszal és nyáron nő az amplitúdó is. Csak tavasszal nő azon esetek száma, amikor a minimum hőmérséklet egyik napról a másikra több, mint 5 °C-kal változik pozitív vagy negatív irányban. Nyáron a hóhullámok hossza esetében is növekvő trend észlelhető. Dátumbeli eltolódás a tél és a tavasz között figyelhető meg, azaz a tél egyre hamarabb ér véget. A csapadékmennyiségek (csapadékösszeg, maximum csapadékmennyiség 24 óra alatt, egymást követő száraz és nedves napok hossza) esetében szinte alig van változás, viszont télen és ősszel nő a csapadékos napok száma. A hóréteg egyelőre nem változik jelentősen, de csökken a hótakarós napok száma. Valamennyi esetben statisztikailag szignifikáns trendről van szó.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm PETHŐ-DÉVAY Ildikó és Gabriela Victoria HARPA kolleganőimnek a dolgozat megírásában nyújtott segítségét.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] DUMITRESCU, A., BOJARIU, R., BIRSAN, MV. et al., 2015: Recent climatic changes in Romania from observational data (1961–2013). *Theor Appl Climatol* **122**, 111–119.
- [2] KENDALL, M.G., 1975: Rank correlation method, 4th Ed., Charles Griffin, Londres
- [3] MANN, H.B., 1945: Non-parametric test against trend. *Econometrica*, **13**, 245–249.
- [4] RUSZ O., 2012: Temperature and precipitation changes in Târgu Mures (Romania) from period 1951-2010. *Air and Water Components of the Environment*, 397–404, Cluj/Kolozsvár
- [5] RUSZ O., 2019: Some characteristics of precipitation in the central region of Romania in the 1961-2017 period. *Air and Water Components of the Environment*, 299–310, Cluj/Kolozsvár
- [6] SALMI, T., MÄÄTTÄ, A., ANTILA, P., RUOHO-AIROLA, T., AMNELL T., 2002: Makesens 1.0. Mann Kendall test and Sen's slope estimates for the trend of annual data. Version 1.0. Freeware. *Finnish Meteorological Institute*, Helsinki
- [7] SEN, P.K., 1968: Estimate of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of American Statistical Association*, **63**, 1379–1389.
- [8] SENEVIRATNE, S. I., et al., 2022: *Weather and climate extreme events in a changing climate. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 1513–1766, Cambridge
- [9] STEPANEK, P. 2007: AnClim - software for time series analysis (for Windows). *Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University*, Brno.
- [10] *** Addinsoft, 2019: XLSTAT statistical and data analysis solution. Long Island, NY
- [11] *** Meteorológiai (hónapi és éves) táblázatok. Marosvásárhelyi Meteorológiai Állomás, 1951-2022. *Belső dokumentumok*, Országos Meteorológiai Gondnokság (ANM).