

A hőmérsékletek változása a Csíki- és a Gyergyói-medencében

Temperatures changes in the Ciuc and Giurgeului Depressions

RUSZ Otília

Meteorológiai Szolgálat, Marosvásárhely, Szabadság utca, 120. szám, ruszotti@yahoo.com

Abstract

The intramountain depressions from Eastern Carpathian are one of the coldest regions of Transylvania. Mean annual temperature increasing more faster in Joseni meteorological station (Giurgeu Depression) than in Miercurea Ciuc station (Ciuc Depression). However, other meteorological parameters (yearly number of summer days, maximum temperatures, amplitude of temperatures, etc.) show various and interesting trends.

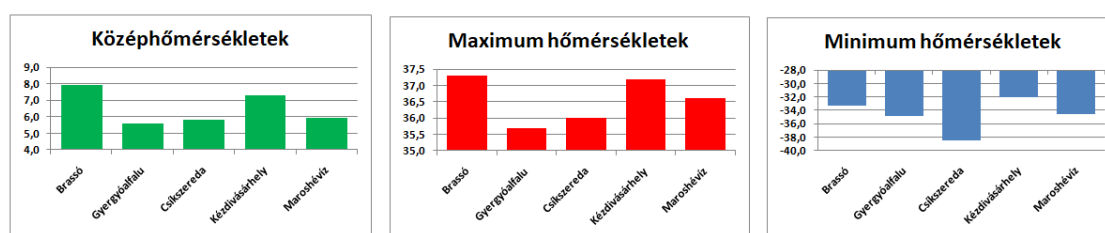
Kulcsszavak: hőmérséklet trendek, Gyergyóalfalu, Csíkszereda

1. Bevezető

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (IPCC) 2021-es jelentése szerint a 2001-2020-as időszak globális felszíni hőmérséklete 0.99 °C-kal haladta meg az 1850-1900-as periódusét. A következő 20 évben a globális hőmérséklet növekedése eléri vagy meg is haladja a 1,5 °C-ot [6]. Hazánkban az 1961-2013-as időszakra a középhőmérsékletek esetében a trend értékek 1.4 és 3.0 (trend magnitúdó, %) között mozognak. [3]. A felmelegedés nem került el az alacsony hőmérsékleteiről ismert hegyközi medencéket sem.

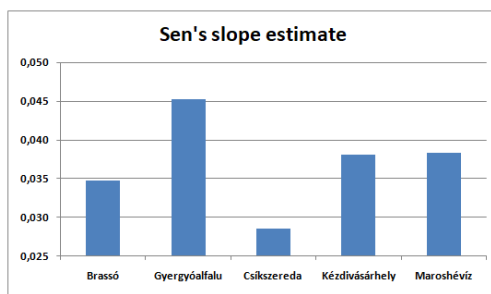
2. A hegyközi medencék hőmérsékleteinek vizsgálata

Először öt, hegyközi medencében fekvő meteorológiai állomás adatait vizsgáltam meg, az 1965-2021-es időszakra. Brassó (534 m tsz. feletti magasság), Csíkszereda (661 m), Gyergyóalfalu (750 m), Kézdivásárhely (568 m) és Maroshévíz (867 m) meteorológiai állomások hőmérsékleti adatait használtam [5]. Az éves hőmérsékleti adatok azt mutatják, hogy a déli medencék melegebbek (1. ábra).



1. ábra. Az éves középhőmérsékletek, a maximum- és minimum hőmérsékletek az öt hegyközi medencében

Az éves középhőmérsékletek esetében mindegyik állomás esetében pozitív, statisztikailag szignifikáns lineáris trend a jellemző, azaz mindenhol nő ez az érték. A lineáris trend vizsgálatát minden esetben a MAKESENSE alkalmazással végeztem [4], ez a Mann-Kendall tesztet alkalmazza [1, 2] és a Sen's slope estimate (Q) értéket számolja ki. A 0.05-ös szignifikancia szintet vettem figyelembe. Feltűnő a melegedés mértékének a nagy különbsége Gyergyóalfalu ($Q = 0.045$) és Csíkszereda között ($Q = 0.029$) (2. ábra). Megvizsgáltam a trendeket a havi középhőmérsékletek esetében is. A nyári hónapok minden állomásnál növekvő, statisztikailag szignifikáns trendet mutatnak. Gyergyóalfaluban februárt kivéve minden hónapban növekedik a középhőmérséklet, Csíkban viszont a nyári hónapok kivételével csak januárban van pozitív trend.



2. ábra. Az éves középhőmérsékletek lineáris trendje az öt hegyközi medencében. Mindegyik érték statisztikailag szignifikáns (Sen's slope estimate, Mann-Kendall teszt)

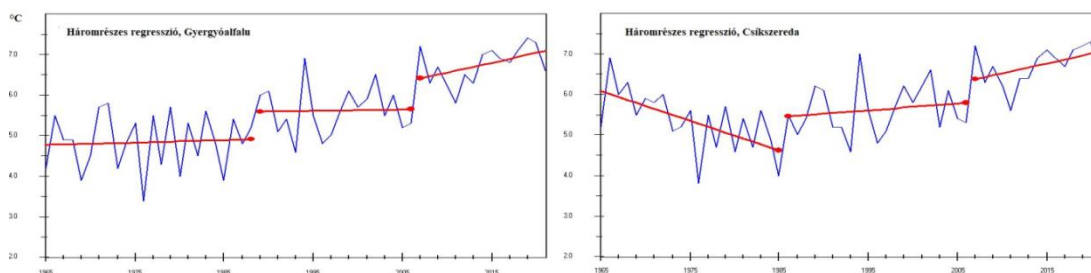
A 10 legalacsonyabb maximum hőmérséklet					A 10 legmagasabb maximum hőmérséklet					A 10 legalacsonyabb minimum hőmérséklet					A 10 legmagasabb minimum hőmérséklet				
B.	Gy.	Cs.	K.	M.	B.	Gy.	Cs.	K.	M.	B.	Gy.	Cs.	K.	M.	B.	Gy.	Cs.	K.	M.
1978	1978	1976	1978	1976	2013	1998	1998	2003	1998	2015	1985	1985	1998	1977	1986	2011	1973	2018	2008
1975	1976	1978	1966	1978	1988	2001	2004	1973	2016	1985	1965	1987	1985	1985	2007	2018	2021	1977	2014
1966	2018	1967	1991	1970	2015	1979	2010	1988	2015	2005	1969	2006	2000	1976	1970	1966	1972	1972	1966
1976	1975	1983	1975	1977	1998	2015	1988	2015	1995	2010	1987	2000	2004	1974	2019	1972	1966	1995	2018
1977	1970	1995	1970	1980	2003	2000	2000	2017	2000	2016	1968	1998	2017	1987	1977	1979	2016	1997	2016
1995	1980	2018	1976	1969	1987	2004	2005	1998	1987	1990	1976	1998	1982	1967	1972	2019	2019	1981	2021
1970	1977	1975	1967	1967	2017	1988	2007	1987	2007	2017	1981	2002	2001	1980	1994	2016	2007	2020	2019
1967	1997	1977	2018	1975	2012	2007	1987	2000	2013	1998	1980	2010	1976	1969	2020	2007	2018	1988	2007
1997	1990	1990	1977	1968	2007	2012	2017	2007	2012	2001	1977	1981	2015	1998	2021	1994	1994	1994	1994
2018	1967	1991	1995	1997	2000	2017	2012	2012	2017	2002	2001	2001	1978	1981	1971	2020	2020	1971	2020

1. táblázat. A 10 legalacsonyabb és legmagasabb éves maximum hőmérsékletek illetve a 10 legalacsonyabb és legmagasabb éves minimum hőmérsékletek előfordulása a vizsgált hegyközi állomásokon A 2000-es évek szürke háttérrel vannak jelölve

A maximum- és a minimum hőmérsékletek esetében azt néztem meg, hogy a 10 legalacsonyabb és legmagasabb érték hogyan oszlik meg az időben. A legalacsonyabb maximum hőmérsékletek 2018 kivételével mind 2000 előtt voltak, a legmagasabbak pedig általában 2000 után. A minimum hőmérsékletek esetében Gyergyóalfaluban például a 10 legkisebb érték közül csak egy fordul elő 2000 után (2001), viszont Maroshévízen egy sem (1. táblázat).

3. A Gyergyói- és a Csíki-medence hőmérsékleteinek vizsgálata

A 2. ábra jól szemlélteti, hogy jelentős különbség van az éves középhőmérsékletek trendjeinek a meredekségét illetően a gyergyóalfalvi és a csíkszeredai állomások között. Ez azt jelenti, hogy az 1965-2021-es időszakban Alfaluban tízévenként 0.5 °C-kal nőtt a hőmérséklet, míg Csíkban csak 0.3 °C-kal. Több hőmérsékleti paramétert megvizsgáltam. Elsősorban az MS Excelt használtam, de a már említett MAKESENS alkalmazást is, illetve az éghajlati idősorokra kifejlesztett AnClim programot.

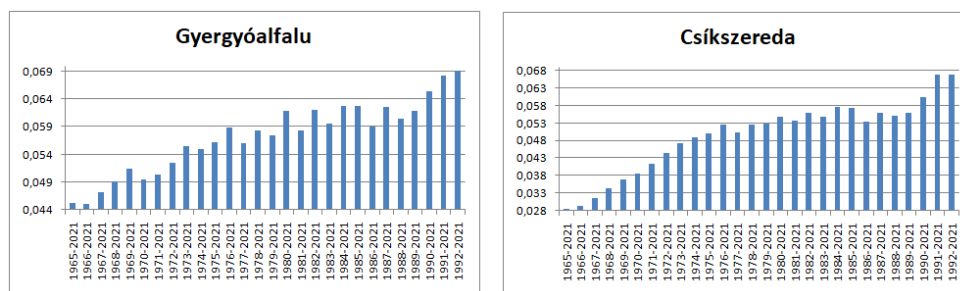


3. ábra. A háromrészes regressziók az éves középhőmérsékletek esetében (AnClim szoft)

Az éves középhőmérsékletek szórása eltérő értékeket mutat: Alfaluban ez az érték 0.975, míg Csíkban 0.832. Úgynevezett kiugró értékek egyik idősorban sem fordulnak elő. A háromrészes regressziós vonalak azt mutatják, hogy a periódus első harmadában egy erős hőmérséklet csökkenés volt Csíkszeredában, az utolsó években pedig szinte ugyanolyan mértékben nőtt a hőmérséklet a két állomáson (3. ábra).

Csökkenő időintervallumokat is megvizsgáltam az éves középhőmérsékletekkel kapcsolatban, mindegyik esetében a lineáris trendet vettem figyelembe. Az összes esetben statisztikailag szignifikáns

növekedés észlelhető, és az utóbbi periódusokra már Csíkszeredában is szinte ugyanolyan meredek hőmérsékletnövekedés a jellemző, mint Gyergyóalfaluban. Például az 1992-2021-es időszakra Sen's slope estimate értékei 0.067 Csíkban, illetve 0.069 Alfaluban (4. ábra).



4. ábra. Csökkenő időintervallumok trendjei (Sen's slope estimate)

A középhőmérsékleteken kívül még léteznek különböző hőmérsékleti paraméterek, ezeket a 2. és a 3. táblázat foglalja össze (éves középértékek).

	Zord napok száma	Fagyos napok száma	Téli napok száma	Nyári napok száma	Trópusi napok száma
Gyergyóalfalu	45.6	167.2	58.8	39.5	4.4
Csíkszereda	48.0	172.3	50.8	47.7	6.4

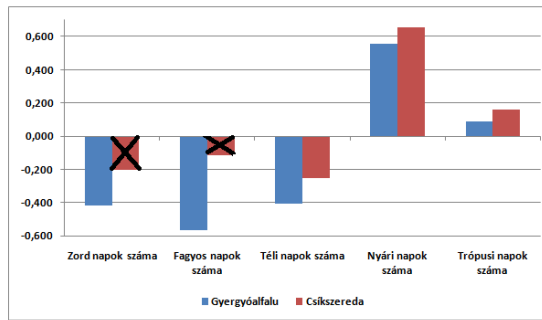
2. táblázat, Különböző hőmérsékleti paraméterek éves középértékei

A napi hőmérsékletek különböző küszöbértékek között (napok száma):						
	[-29.9;25.0]	[-24.9;-20.0]	[-19.9;-15.0]	[-14.9;-10.0]	[-9.9;-5.0]	[-4.9;0.0]
Gyergyóalfalu	0.1	1.6	5.5	14.1	28.5	55.3
Csíkszereda	0.3	1.5	6.5	12.5	26.9	54.2
	[0.1;5.0]	[5.1;10.0]	[10.1;15.0]	[15.1;20.0]	[20.1;25.0]	[25.1;30.0]
Gyergyóalfalu	61.2	57.7	77.4	57.8	6	0
Csíkszereda	62	56.4	75.4	62	7.5	0

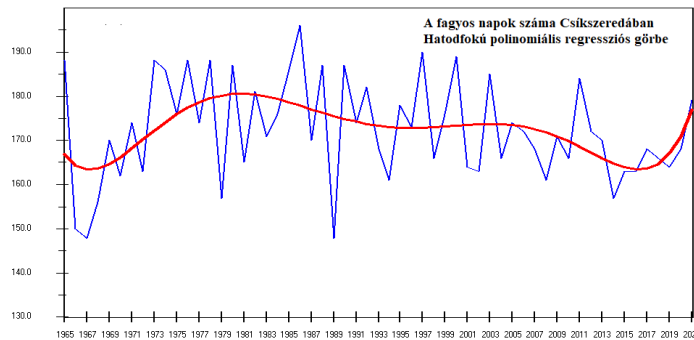
3. táblázat. Küszöbök közé eső hőmérsékletek éves középértékei

Az év felében mindkét állomás esetében fagyos napokkal kell számoljunk, azaz átlagosan 167 (Alfalu), illetve 173 (Csík) olyan nap van, amikor a minimum hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá csökken. A táblázatban nincs feltüntetve, de előfordul néhány kánikulai nap is (amikor a maximum hőmérséklet nagyobb, mint $35\text{ }^{\circ}\text{C}$), a vizsgált időszakban Csíkszeredában 8 (1987, 2012, 2017), Gyergyóalfaluban 2 (2012, 2017) ilyen nap van összesen. A középhőmérsékleteknél figyelembe szoktak venni különböző küszöbértékeket, ezek kiterjedése $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nyi. Úgy Gyergyóalfaluban mint Csíkszeredában egy éven belül a napi középhőmérsékletek legtöbbször 10.1 és $15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ között vannak.

Ezeknek a paraméternek a trendvizsgálata azt mutatja, hogy pozitív, statisztikailag szignifikáns trend van a nyári hónapok és a trópusi napok számát illetően Gyergyóalfaluban és Csíkban is, illetve csökken a téli napok száma mindkét meteorológiai állomás esetében. Alfaluban ugyancsak csökken a zord napok és a fagyos napok száma, viszont Csíkban ezek esetében nincsenek statisztikailag szignifikáns trendek (5. ábra). Megvizsgáltam a csökkenő periódusok trendjét is. A zord napok számát illetően a kisebb időintervallumok esetében jórészt statisztikailag szignifikáns és csökkenő trend észlelhető. A fagyos napok más képet mutatnak: például az utolsó két periódust véve figyelembe (1991-2021 illetve 1992-2021) nincsen statisztikailag szignifikáns trend a csíkszeredai adatokra nézve. A hatodfokú polinomiális regressziós vonal azt mutatja, hogy az utóbbi években ezek száma nőtt (6. ábra).



5. ábra. Hőmérsékleti paraméterek lináris trendjei. Az X-szel jelzett értékek statisztikailag nem szignifikánsak

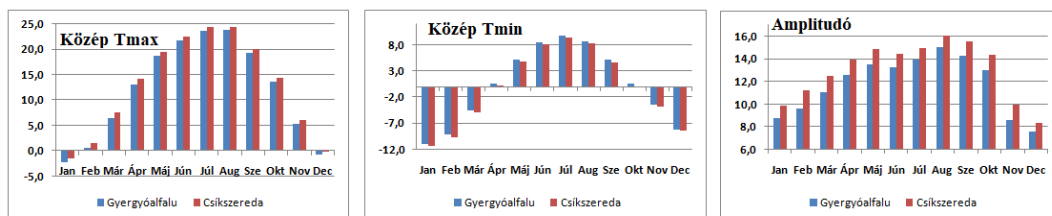


6. ábra. A fagyos napok száma Csíkszeredában. A piros vonal a hatodfokú polinomiális regressziós görbe

A napi hőmérsékletek küszöbértékekre felosztott trendjei (Sen1s slope estimate, Mann-Kendall Teszt)	[-19.9;-15.0]	[-14.9;-10.0]	[-9.9;-5.0]	[-4.9;0.0]	[0.1;5.0]
Gyergyóalfalu	-0.048	-0.136	-0.288	-0.080	0.041
Csíkszereda	-0.022	-0.059	-0.173	0.000	0.000
	[5.1;10.0]	[10.1;15.0]	[15.1;20.0]	[20.1;25.0]	
Gyergyóalfalu	0.107	-0.419	0.529	0.161	
Csíkszereda	0.108	-0.469	0.375	0.191	

4. táblázat. A küszöbértékek közötti középhőmérsékletek trendjei. A statisztikailag szignifikáns értékek vastag számmal vannak jelölve

A küszöbértékek esetében mindkét állomásnál statisztikailag szignifikáns és növekvő trendek vannak azoknak a napok számát illetően, amikor a napi középhőmérséklet 15.1 és 20.0 °C illetve 20.1 és 25.0 °C között van. Csökken azon napok száma, amikor a napi középhőmérséklet -9.9 és -5.0 °C valamint 10.1 és 15.0 °C között van. Ezenkívül Alfaluban csökken azon napok száma, amikor a napi középhőmérséklet -14.9 és -10.0 °C között van (4. táblázat).



7. ábra. A maximum illetve a minimum hőmérsékletek hónapj középértékei, valamint az amplitudó (a napi maximum és minimum hőmérséklet közti különbség) hónapj középértékei

A maximum és minimum hőmérsékletek esetében hónapj középértéket vettem figyelembe, valamint a napi amplitudót (a maximum és a minimum hőmérséklet közötti különbség). A maximum hőmérsékletek középértékei nagyobbak Csíkszeredában, mint Gyergyóalfaluban, ellenben a minimum hőmérsékletek középértékei kisebbek. Az amplitudók nagyobbak a meleg hónapokban mindkét állomás esetében, Csíkszeredában jelentősebb különbségek vannak a napi maximum és minimum hőmérsékletek között (7. ábra). A maximum

hőmérsékletek középértékeinek a trendjei statisztikailag szignifikáns, növekvő trendet mutatnak az éves időszakok és a meleg hónapok esetében. Szintén pozitív trend jellemző a minimum hőmérsékletek éves középértékei esetében mindkét állomáson, de míg Gyergyóalfaluban április és május kivételével minden hónapban statisztikailag szignifikáns, pozitív trend van, addig Csíkszeredában csak januárban és augusztusban kell növekedéssel számoljunk. Az amplitudó nő Csíkban éves szinten, és a meleg hónapokban is, de csökken januárban. Gyergyóalfaluban nő áprilisban és szintén csökken januárban (5. táblázat)

A maximum hőmérsékletek középértékeinek a trendjei													
	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sze	Okt	Nov	Dec	Éves
Gyergyóalfalu	0.055	0.047	0.048	0.048	0.023	0.060	0.061	0.074	0.026	0.025	0.058	0.033	0.048
Csíkszereda	0.033	0.038	0.026	0.030	0.024	0.061	0.066	0.076	0.024	0.015	0.039	0.009	0.037
A minimum hőmérsékletek középértékeinek a trendjei													
	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sze	Okt	Nov	Dec	Éves
Gyergyóalfalu	0.088	0.065	0.046	0.011	0.014	0.042	0.043	0.052	0.029	0.038	0.037	0.053	0.045
Csíkszereda	0.059	0.033	0.022	-0.014	-0.009	0.019	0.014	0.028	-0.001	0.002	0.007	0.012	0.016
Az amplitudók trendjei													
	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sze	Okt	Nov	Dec	Éves
Gyergyóalfalu	-0.039	-0.018	-0.001	0.032	0.011	0.012	0.022	0.025	-0.005	-0.021	0.012	-0.014	0.002
Csíkszereda	-0.027	0.007	0.016	0.045	0.028	0.032	0.046	0.055	0.021	-0.002	0.024	-0.001	0.022

5. táblázat. A maximum és a minimum hőmérsékletek középértékeinek, valamint az amplitudó trendjei. A statisztikailag szignifikáns értékek vastag számmal vannak jelölve

Megvizsgáltam a termikus inverziók számát Gyergyóalfalu és Bucsin (1282 m) illetve Csíkszereda és Bucsin között, az 1978-2021-es időszakra. A napi minimum hőmérsékleteket használtam fel. Csíkszeredában több a termikus inverziós napok száma, mint Gyergyóalfaluban, átlagban 26-tal egy évben. Ugyanakkor Csíkban nő az éves, az áprilisi, a júliusi és az augusztusi inverziós napok száma, Gyergyóalfaluban az áprilisi, és a júliusi, de itt csökken decemberi inverziók száma (minden esetben statisztikailag szignifikáns trendről van szó).

3. Összefoglaló

Az 1965-2021-es időszakban hegyközi medencékben is statisztikailag szignifikáns, növekvő trend jellemző az éves középhőmérsékletekre és főleg a meleg hónapok középhőmérsékleteire. Feltűnő a trend meredekségének a különbsége Gyergyóalfalu és Csíkszereda között, ez utóbbinál lassabb felmelegedés észlehető a vizsgált időszakra. Ellenben ha egy rövidebb periódust veszünk figyelembe, a két állomás trendértékei szinte azonos értéket mutatnak. Néhány hőmérsékleti paraméter trendjei nagyon hasonlóak, de például csak Alfaluban csökken a zord napok és a fagyos napok száma ugyanakkor csak Csíkban nő a napi amplitudó értéke, de az inverziós napok száma is. Úgy tűnik, Csíkszeredában a hőmérsékletek szempontjából kissé szélsőségesebbé vált az éghajlat az 1965-2021-es időszakban. Ez talán annak tudható be, hogy ez a medence szűkebb, mint a Gyergyói-medence, a termikus inverziók tovább tartanak, nagyobb hőmérséklet különbségek vannak (hegy-medence között). Ennek tisztázása további kutatásokat igényel.

Irodalomjegyzék

1. KENDALL, M. G., 1975: *Rank correlation method*, 4th Ed., Charles Griffin, Londres
2. MANN, H. B., 1945: *Non-parametric test against trend*. *Econometrica*, **13**, 245-XXX
3. MARIN, L., BIRSAN, M.-V., BOJARIU, R., DUMITRESCU, A., MICU, D.M., MANEA, A., 2014: An overview of annual climatic changes in Romania: Trends in air temperature, precipitation, sunshine hours, cloud cover, relative humidity and wind speed during the 1961-2013 period, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. **9**, No. **4**, p. 253 - 258
4. SALMI, T., MÄÄTTÄ, A., ANTTILA, 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
5. ***: TM1, TM11 Meteorológiai táblázatok a következő állomásokról: Brassó, Bucsin, Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely, Maroshévíz (ANM)
6. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1> accessed on 21.03.2021