

XXIV. reál- és humántudományi Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia
(ETDK)
Kolozsvár, 2021. május 27–30.

Erdély történeti éghajlati adatsorai (1871-1918)

Témavezető:

dr. Bartók Blanka egyetemi docens,
BBTE, Kolozsvár, Földrajz Kar, Magyar
Földrajzi Intézet

Szerző:

Ilona Judit
BBTE, Földrajz Kar,
Geoinformatika szak (román vonal), I. év

Szekció: Földrajz

Tartalomjegyzék

1.	Bevezető.....	3
2.	Elméleti alapok	4
2.1.	Erdélyre vonatkozó történelmi és jelenkori klímaadatok.....	4
2.2.	A Meteorológiai és Földdelejtességi (később Földmágneseességi) Magyar Királyi Központi Intézet	5
2.3.	Az intézet évkönyveinek szerkezete	7
3.	Módszerek és adatok	8
3.1.	Módszertani alapok.....	8
3.2.	Mérőállomások	10
4.	Eredmények	11
4.1.	Az 1871–1918-as időszak általános éghajlati jellemzői	11
4.2.	Éghajlati átlagok összehasonlítása	12
4.3.	Eloszlások összehasonlítása	13
4.4.	Trendek összehasonlítása.....	16
7.	Összefoglaló.....	17
8.	Bibliográfia.....	18

1. Bevezető

Napjainkban a klímakutatás egyre nagyobb népszerűségnek örvend úgy a szakértők körében, mint pedig a mindennapi életben. Leggyakrabban feltett kérdéseink a jövő felé irányulnak: hol és milyen mértékben fog változni Földünk éghajlata, mennyire extrém jelenségekkel kell majd megbírkóznunk, és ezek milyen következményekkel fognak járni. Ahhoz viszont, hogy pontosítsuk a rövid- és hosszútávú előrejelzési módszereinket, szükségünk van a múltbéli adatok elemzésére. A minél hosszabb időszakot lefedő, folytonos meteorológiai adatsorok egyrészt segítenek a múltbéli környezeti viszonyok rekonstrukálásánál, másrészt pedig hozzájárulnak az éghajlati előrejelzések pontosításához, és ezáltal a változó időjárási eseményekhez való hatékonyabb alkalmazkodáshoz (Seneviratne et al., 2012).

Múltbéli éghajlatra vonatkozó adataink legfőbb forrásai a rendszeresen regisztrált meteorológiai adatbázisok, ezek viszont – mivel az országos meteorológiai szervezetek zöme a 19-20. században alakult meg – többnyire csupán az utóbbi egy-két évszázadot fedik le. Ilyenek például a jelen tanulmányban felhasznált *Meteorológiai és Földmágnességügyi Magyar Királyi Központi Intézet* évkönyvei.

Ennél korábbi adatokat egyrészt szöveges feljegyzésekből nyerhetünk (naplók, újságcikkek, hajónaplók, kolostori feljegyzések stb), melyek gyakran tartalmaznak időjárási eseményekre utaló leírásokat. Ilyen dokumentumok alapján állította össze Réthly Antal, a mai Országos Meteorológia Szolgálat jogelődjének 1935-1948 közötti igazgatója, az *Időjárási események és elemi csapások Magyarországon* című négykötetes művét, melyben a korabeli Magyarország 1-19. századi időjárási eseményei vannak összefoglalva (Bartholy et al., 2004).

Másrészt felhasználhatunk természetes adathordozókat ahhoz, hogy elmúlt idők éghajlatát rekonstruáljuk. Ilyen adathordozók lehetnek például tó- és folyóüledékek, jéggrétegek vagy faévgyűrűk. Ez utóbbiak képezik a dendroklimatológia alapját: a minták éves vagy akár évszakos felbontású információkkal szolgálhatnak, és több minta összeillesztésével (cross-dating) több évszázados adatsorok állíthatók elő, melyek egy adott terület éghajlatát jellemzik (Luckman, 2013).

A mai értelemben vett meteorológiai megfigyelő hálózat az 1950. március 23.-án alapított Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization, WMO) koordinálásával épült ki, így egységes, ellenőrzött adatbázisok az azt követő időszaktól állnak rendelkezésünkre. Ilyen például a CarpatClim adatbázis (www.carpatclim-eu.org), mely 1961–2010 közötti napi szintű meteorológiai adatokat tartalmaz a Kárpátok térségére, vagy az ECA&D (European Climate Assessment & Dataset) adatbázis (www.ecad.eu), melyet

tanulmányunkban is felhasználtunk. Az utóbbi, folyamatosan bővülő adatbázis 13 meteorológiai elem napi méréseit tartalmazza jelenleg 66 európai, közel-keleti és észak-afrikai ország összesen 20120 mérőállomásáról.

Jelen dolgozat célja, hogy a mindenki számára már digitálisan is elérhető, 1950-es évek után regisztrált éghajlati adatsorokat olyan korábbi adatsorokkal egészítse ki, amelyek csak papíralapú, archív dokumentumokban (évkönyvekben) érhetőek el, viszont pótolhatatlan információkat szolgálnak az adott időszak éghajlati adottságairól. Ezen régi adatsorok nemcsak az éghajlatkutatókat, de más környezeti, illetve társadalomtudományi kutatókat is nagyban segíthetnek.

2. Elméleti alapok

2.1. Erdélyre vonatkozó történelmi és jelenkori klímaadatok

Réthy Antal műveihez (Bartholy et al., 2004) hasonlóan a mai Románia területére vonatkozóan is születtek tanulmányok, melyek a korabeli időjárási eseményeket foglalják össze. Ilyen például N. Topor 1964-ben megjelent *Ani ploioși și secetoși în Republica Populară Română* (A Román Népköztársaság csapadékos és száraz évei) című műve, mely az elmúlt két évezred történelmi dokumentumai alapján vizsgálta a térség száraz és nedves periódusait. Hasonló mű Ilie Corfus 1975-ben megjelent gyűjteménye (*Însemnări de demult*), mely társadalmi, politikai események mellett természeti katasztrófákról, extrém időjárási eseményekről is beszámol (Cheval et al., 2020).

Erdélyben az első hosszútávú, napi szintű meteorológiai adatsor Temesváron került lejegyzésre 1780-1803 között. Ebből az időszakból három másik adatsor (Buda, Miskolc és Kežmarok) is fennmaradt, ezek közül viszont a temesvári a legteljesebb (Csernus-Molnár et al., 2014). Az adatsor továbbá azért fontos, mert a 18. század utolsó évtizedeiből származik, így egybeesik az úgynevezett Maldá-anomáliával, a szélsőséges időjárási körülményeiről híres időszakkal (Barriendos és Llasat, 2003).

A 19. század közepén úgy a Magyar, mint a Román Királyság területén egyre több meteorológiai mérőállomás jelent meg (ilyen például Lugos 1854-től, Szatmárnémeti 1865-től) (Cheval et al., 2020). Többek között ez is hozzájárult az első önálló magyar királyi meteorológiai intézet megalapításához 1870-ben (bővebben: 2.2 fejezet). Nem sokra rá, 1884-ben megalakult az első román meteorológiai intézet is (Serviciului Meteorologic al României), akkor még 30 mérőállomással.

Ennek az időszaknak még viszonylag hiányos adatait egészíti ki Cheval et al. (2020) gyűjteménye, mely három romániai hírlap 1880 és 1900 között megjelent példányaiból

összesíti az időjárási eseményekre utaló cikkeket. Az adatbázis 2132 bejegyzést tartalmaz, melyek időhöz és helyhez kötöttek, valamint átestek egy hitelesítési eljárason, (összehasonlítás közeli mérőállomások adataival, valamint a NOAA-CIRES-DOE Twentieth Century Reanalysis (V3) adatbázissal). Elemzésükből következtetni lehet a korszak éghajlati jellegzetességeire, illetve a szélsőséges események szezonálisára (Cheval et al., 2020).

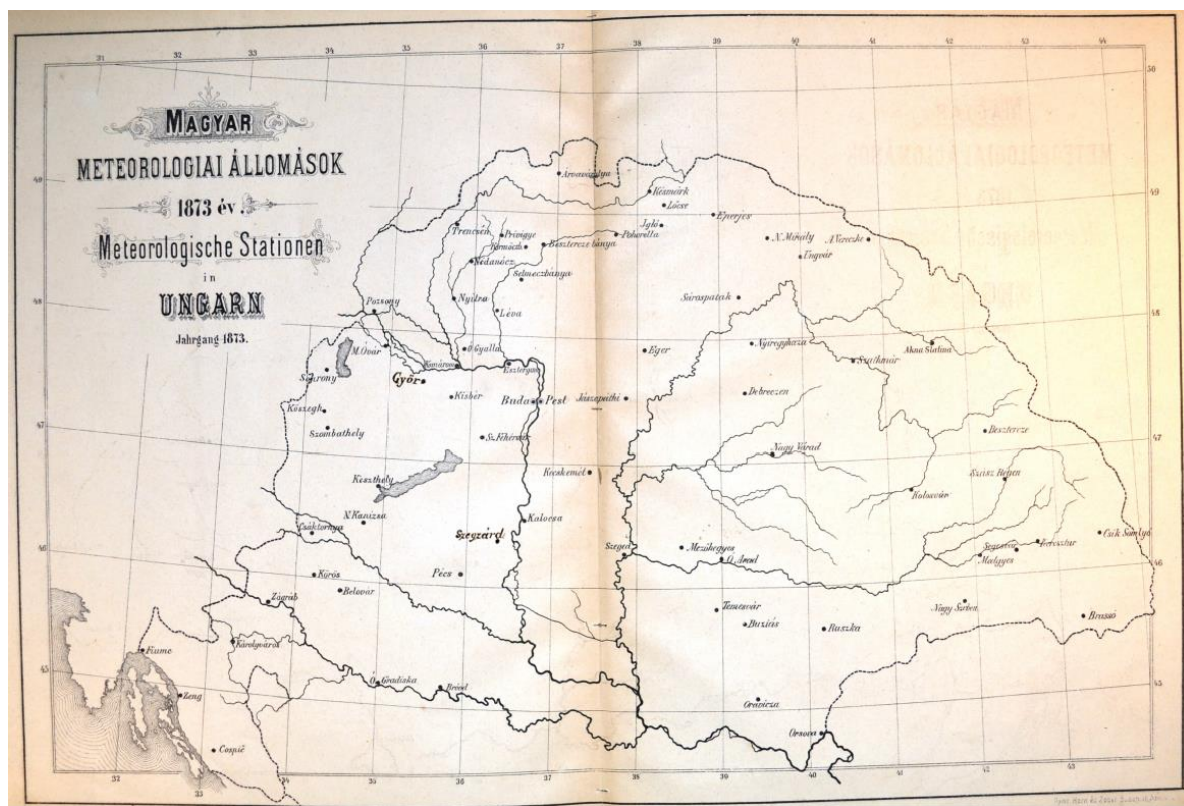
A legteljesebb, térségünket is lefedő digitális meteorológiai adatbázisban (pl. ECA&D, CarpatClip) 1961-től állnak rendelkezésünkre többé-kevésbé teljes, ingyenesen hozzáférhető adatsorok. Ebből kifolyólag számos olyan Romániára vonatkozó tanulmány született, mely ennek a periódusnak a meteorológiai adatait dolgozza fel. Ilyen például Dumitrescu et al. (2014) tanulmánya, mely 150 romániai állomás évszakos átlaghőmérsékletére, csapadékmennyiségére, napsütéses óráira és szélsőségeire vonatkozó adatsorain végzett trendanalíziseket. Eredményei szerint a tavaszi és nyári átlaghőmérsékletek szignifikánsan növekvő trendet mutatnak a legtöbb erdélyi mérőállomásnál, és egyes esetekben a téli átlaghőmérséklet is növekedett. A csapadékra vonatkozó adatoknál kevesebb állomásnál figyelhető meg szignifikáns trend, de néhány erdélyi állomásra ősszel és tavasszal emelkedés, nyáron pedig csökkenés jellemző.

Az 1960-as éveket megelőző időszakból viszont kevés éghajlati tanulmány jelent meg a térségre vonatkozóan, azok is inkább leíró jellegűek (Asztalos, 1936), mintsem egy éghajlat-dinamikai elemzést tartalmaznának.

2.2. A Meteorológiai és Földdelejtességi (később Földmágneseességi) Magyar Királyi Központi Intézet

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) 1860. június 18-án tartott ülésén határozta el, hogy rendszerezni kell a természeti viszonyokat jellemző adatok gyűjtését. Ennek értelmében Schenzl Guido (1823–1890) és Hunfalvy János (1820–1888) összeállította az első önálló magyar meteorológiai intézet szabályzatát, melyet az MTA 1868-ban, majd I. Ferenc József 1870-ben fogadott el. Az így megalakult *Meteorológiai és Földdelejtességi (később Földmágneseességi) Magyar Királyi Központi Intézet* működése az osztrák–magyar meteorológiai hálózattól átvett 47 hazai mérőállomással indult, és folyamatosan bővült (1. ábra). Az intézet munkásságának első harminc éve főként adatgyűjtéssel és a mérőállomások hálózatának bővítésével telt el, mindeközben az adatok és tudományos közlemények 1871-től kezdve meteorológiai évkönyvek formájában lettek közzételve. Az intézet tevékenységei közé sorolhatjuk továbbá több magyar nyelvű klimatográfiai szakirodalmi mű megjelenését: ilyen

például a *Nagy Kiadvány* sorozat, mely éghajlati monográfiákat, megfigyelési módszereket és műszerek tudományos kritikáit tartalmazza (1914-ig 9 kötete jelent meg) (mek.oszk.hu).



1. ábra Magyar meteorológiai állomások 1873-ban (69 darab) (forrás: Évkönyvek, 1873)

1890-től kezdve új vízrajzi csapadékmérő hálózatot és prognózisszolgálatot alakítottak ki, ennek következtében jelentősen bővült azon állomások száma, melyek legalább csapadékmérővel fel voltak szerelve. 1911-ben 1426 csapadékmérő állomást tartottak számon, melyek közül 204 további meteorológiai műszerekkel felszerelt klímaállomás volt (mek.oszk.hu).

Az első világháború megfékezte az intézet fejlődését, majd a Trianoni békeszerződés tovább rontott a helyzeten. 1925-ben az intézet akkori elnöke, Róna Zsigmond megalapította a *Magyar Meteorológiai Társaságot*, mely az intézettel párhuzamosan folytatta munkásságát. 1950-ben kettévált a meteorológiai és földmágnességi szolgálat: a meteorológiai rész *Országos Meteorológiai Intézet* (OMI) néven működött tovább, a földmágnességi mérések pedig az Eötvös Loránd Állami Geofizikai Intézethez kerültek. Az OMI 1968-ban vált a ma is működő *Országos Meteorológiai Szolgálat* (OMSZ) főhatósági jogkörű szervezetté (mek.oszk.hu).

2.3. Az intézet évkönyveinek szerkezete

Minden meteorológiai évkönyv egy előszóval kezdődik, melyben az adott évre vonatkozó közlemények vannak összefoglalva: új mérőállomások megjelenése, régiak beszüntetése, mérési és átszámítási módszerek, változások az évkönyv szerkezetében, az évkönyv szerkesztői és egyéb munkatársak stb. Ezután rendszerint az adott évkönyvben szereplő mérőállomások listája jelenik meg (név, ország, vármegye, földrajzi koordináták, tengerszint feletti magasság, megfigyelési órák, megfigyelő neve és foglalkozása), majd az állomásokhoz tartozó jegyzetek következnek (pl. új megfigyelő, új műszerek, műszerek átköltöztetése stb). A bevezető részt az állomások tengerszint feletti magasságára és légnyomásmérési javításaira utaló megjegyzések zárják.

A mérési eredmények bemutatásának szerkezete évről évre változott, mivel újabb és újabb féle adatok érkeztek egyre több mérőállomásról. Az évkönyvekben földmágnesességi és fenológiai mérések is szerepelnek, tanulmányunkban azonban a meteorológiai megfigyeléseket részletezzük. Az első (1871-es) kiadványban a megfigyeléseket meteorológiai elemek szerint csoportosítva közlik, 1874-től kezdve viszont ezek előtt megjelenik egy olyan fejezet is, ahol állomások szerint sorba rendezve találjuk az adatokat. Ebben a két fejezetben a következő elemekre találunk havi és évi adatokat:

- hőmérséklet: reggeli, déli, esti észlelés, napi középérték a három észlelés alapján, középérték 24 órára átszámolva, utóbbi húsz év átlagától való eltérések, maximum és minimum, ötnapi középértékek, utóbbi húsz év ötnapi középértékei és az ettől való eltérések;
- légnyomás: középérték, maximum, minimum;
- párányomás: középérték;
- relatív nedvességtartalom: reggeli, déli, esti észlelés, középérték;
- csapadék: összmenyiség (1896-tól vízvidékek szerint rendezve), legnagyobb csapadékmennyiség 24 óra alatt, napok száma csapadékkal, hóval, jégesővel, zivattal és viharral;
- felhőborítottság: középérték
- szélirány: százalékos eloszlás.

1886-tól kezdve az évkönyvek néhány kiválasztott mérőállomás napi három észlelését is tartalmazzák (légnyomás, hőmérséklet, relatív nedvességtartalom, felhőborítottság, szélirány és -sebesség, csapadékmennyiség és -típus). A jelenleg romániai állomások közül napi adatokat találunk Arad (1886-1888), Gyergyószentmiklós (1897-1900), Kolozsvár

(1901-1916), Nagyszeben (1886-1916), Sepsiszentgyörgy (1901-1915), Temesvár (1907-1916), valamint Zombolya (1889-1906) állomásokra.

A *Meteorológiai és Földmágnességi Magyar Királyi Központi Intézet* számos mérőállomása található a mai Románia területén, és ezek adatai még nem kerültek feldolgozásra. Jelen tanulmány első célja felleltározni ezen állomások havi szintű adatait.

A korabeli éghajlati viszonyok általános jellemzőinek feltárása érdekében kiválasztottuk azt a hat mérőállomást, melyek a legteljesebb havi hőmérsékleti és csapadékmennyiségi idősorral rendelkeznek: Arad, Beszterce, Csíksomlyó, Kolozsvár, Nagybánya és Nagyszeben. További célunk ezen állomások hőmérsékleti átlagainak és csapadékmennyiségi adatsorainak homogenizálása, majd trendanalízisek végzése az adatokon. Történelmi észleléseinket végül összehasonlítjuk az ECA&D adatbázisból letöltött, 1961-től 2020-ig terjedő adatsorokkal.

3. Módszerek és adatok

3.1. Módszertani alapok

Első lépésként áttekintettük az 1871–1918-as évkönyvek azon fejezeteit, melyekben mérőállomások szerint vannak sorba rendezve az észlelések. Ezek alapján egy adatbázist állítottunk össze azokról a mérőállomásokról, melyek ma Románia területén találhatóak, és legalább egy évkönyvben találunk róluk feljegyzést. A továbbiakban adatbázisunk alapján kiválasztottuk azt a hat mérőállomást (Arad, Beszterce, Csíksomlyó, Kolozsvár, Nagybánya és Nagyszeben), melyek a legteljesebb idősorokkal rendelkeznek, és ezek havi hőmérsékleti, valamint csapadékmennyiségi megfigyeléseivel dolgoztunk tovább.

A meteorológiai intézet állomásainak többségénél napi három megfigyelés zajlott (általában 7, 14 és 21 órakor), így az évkönyvekben szereplő havi és évi középértékek, illetve szélsőértékek ezek a megfigyelések alapján lettek kiszámolva. A hőmérséklet esetében azonban egy valódi (24 órás) középérték is megjelenik, mely kiszámításának módszerét dr. Jelinek Károly írta le az osztrák-magyar meteorológiai intézet 1866-os évkönyvében (összefoglalva az 1871-es évkönyv előszavában). A módszer szerint szükségünk van néhány főállomásra, melyek esetében önjelző műszereknek vagy sűrűbb méréseknek köszönhetően ismert a hőmérséklet szabályos napi járása. Feltételezve, hogy az egyes állomásokon észlelt hőmérsékletkülönbségek arányosak egymással, a kívánt állomásunk három mérése és főállomásunk adatai alapján ki tudunk számolni egy javítási tényezőt. Ez a tényező minden hónapra különböző, és függ a három mérés időpontjától. A napi három mérés átlagát a javítási tényezővel összeszorozva megkapjuk a hőmérséklet valódi (24 órás) középértékét.

További elemzéseinkhez a kétféle hőmérsékleti adat (három mérés átlaga, illetve 24 órai átlag) közül az utóbbit választottuk, mivel bár származtatott értékek, mégis alkalmasabbak arra, hogy összehasonlítsuk őket a jelenkori adatokkal. Következő lépésként egy új adatbázisba kézzel bevezettük a kiválasztott hat állomás havi hőmérsékleti és csapadékmennyiségi megfigyeléseit.

Jelenkori hőmérsékleti és csapadékadatainkat a ECA&D (European Climate Assessment & Dataset) (www.ecad.eu) adatbázisból töltöttük le napi felbontásban az 1961–2020-as időszakra. Ezeket havi szinten átlagoltuk, illetve a csapadék esetében összeadtuk őket, de csak abban az esetben, ha nem hiányzott több, mint 5 nap észlelés az adott hónapból. A legtöbb állomásra teljes adatbázist nyertünk, kivételt képez Beszterce (hiányzik 2016–2020 hőmérséklete, valamint 1961–1971 és 2000–2013 csapadékadata) és Nagybánya (hiányzik 1994–2020 hőmérséklete, valamint 2001–2020 csapadékadata).

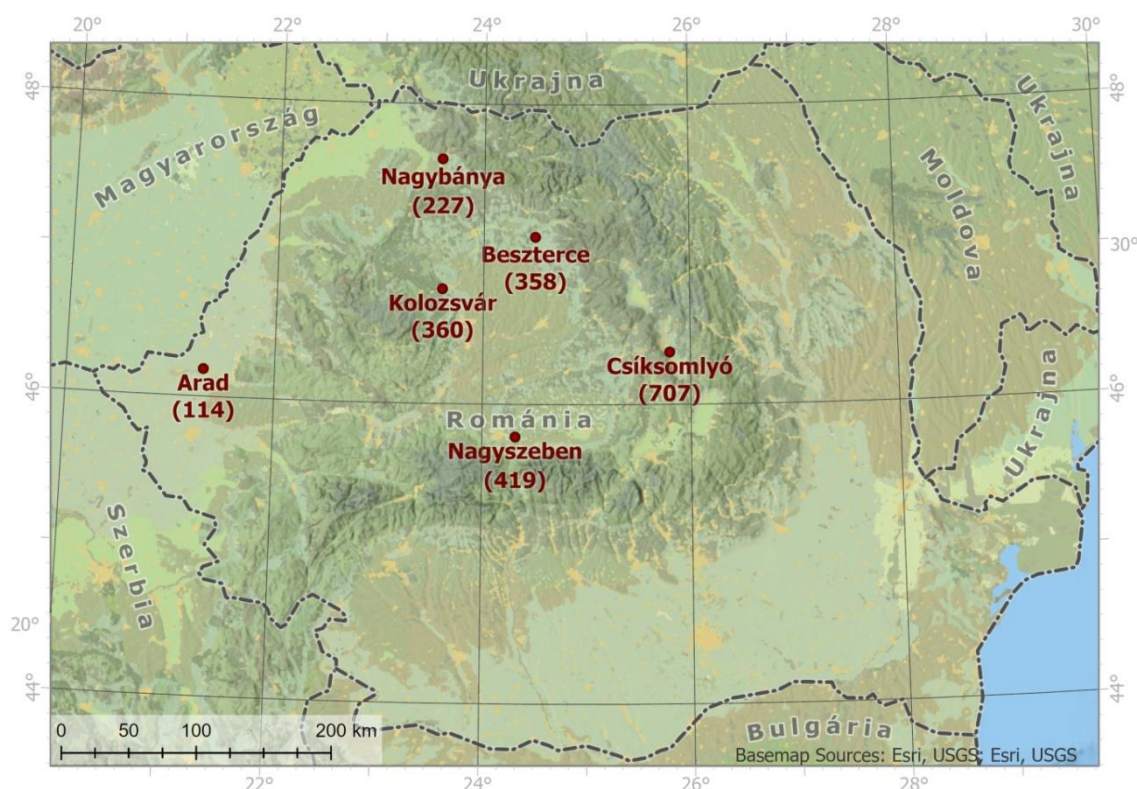
Ezután adatsorainkon a MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenization) programozott statisztikai homogenizációs eljárást alkalmaztuk, mely kiszűrte a kiugró, esetlegesen hibásan mért értékeket, és kiegészítette a hiányos periódusokat. Az eljárás a relatív homogenitás-vizsgálati elven alapul; az adott éghajlati elem különböző megfigyelési állomásokhoz tartozó, azonos időszakra vonatkozó idősorait hasonlítja össze, és az esetleges töréspontokat keresi (mindezt egy adott szignifikancia-szinten).

Az eljárás rendre különbségeket képez az éppen vizsgált állomás és a körülötte elhelyezkedő referencia-állomások súlyozott átlagai között. Egy megállapított töréspontot akkor tekintünk inhomogenitásnak, ha az a körülötte elhelyezkedő minden referencia-állomás adataival szemben megmutatkozik. A program korrigálja a töréspontokat, és megismétli a folyamatot mindaddig, amíg már sehol nem talál szignifikáns törést. A munka során mindvégig az optimális értékeket használtuk fel, amiket az MASH eljárás teljesen automatikus futtatása felkínált.

Végül a történelmi és jelenkori adatsoraink összehasonlítására statisztikai próbákat alkalmaztunk: az átlagok összehasonlítására két-mintás T-próbát, az eloszlások összehasonlítására χ^2 homogenitásvizsgálatot, a trendek kimutatásához lineáris regressziószámítást, majd a szignifikanciaszint kiszámításához Anova-tesztet. A χ^2 próba kivételével analíziseinket a Microsoft Excel szoftver Data Analyst moduljának beépített funkcióival végeztük el.

3.2 Mérőállomások

Első, áttekintő jellegű adatbázisunk szerint a *Meteorológiai és Földmágnességi Magyar Királyi Központi Intézet* 1871–1918-as évkönyveiben 113 romániai (erdélyi) állomásról találunk legalább egy évre átlaghőmérséklet, csapadékmennyiség, páratartalom, hójelenség, szélirány és légnyomás megfigyeléseket. Ezek közül 53 állomásnál állnak rendelkezésünkre legalább 10 évnyi adatsorok, közöttük is a legteljesebbek Arad, Beszterce, Csíksomlyó, Kolozsvár, Nagybánya és Nagyszeben észlelési sorai (2. ábra). A legtöbb állomásnál már 1871-től találunk adatokat, kivételt képez Csíksomlyó, ahol 1873-tól, illetve Nagybánya, ahol 1875-től kezdődnek a feljegyzések.



2. ábra A kiválasztott 6 mérőállomás (zárójelben tengerszint feletti magasság)

Egyes települések esetében voltak olyan periódusok, mikor egyszerre több mérőállomás is működött a városon belül, vagy annak közvetlen környezetében. Ez lehetőséget adott arra, hogy kiegészítsük adatsoraink néhány hiányos periódusát:

- Arad: az 1910–1918-as időszakban Csála (Magyar Királyi Állami szőlőtelep) adatait használtuk fel a hőmérséklet kiegészítéséhez (6,7 km távolság)
- Csíksomlyó: 1911–1915 között Csíkszereda hőmérsékleti és csapadékadatait használtuk (megegyező koordináták)

- Kolozsvár: 1882–1895 között Kolozsmonostor (3,1 km távolság), valamint 1908–1917 között az egyetemi földrajzi intézet mérőállomásának (megegyező koordináták) adatait használtuk föl a hőmérséklet és csapadék esetében is.

Adathiányos időszakok így is maradtak, ezek az 1. táblázatban vannak összefoglalva.

1. táblázat A 6 kiválasztott mérőállomás adathiányainak periódusai

	Adathiány	
	Hőmérséklet	Csapadék
Arad	1876–1878, 1893	1876–1878
Beszterce	1875, 1894, 1918	1875, 1918
Csíksomlyó	1893–1897, 1915–1918	1916–1918
Kolozsvár	1880	-
Nagybánya	-	-
Nagyszeben	1893	-

4. Eredmények

4.1 Az 1871–1918-as időszak általános éghajlati jellemzői

Kiválasztott állomásaink területére mérsékelt kontinentális átmeneti éghajlat jellemző, melyet nyugat felől óceáni, délnyugat felől mediterrán, kelet felől pedig kontinentális hatások befolyásolnak (bár az utóbbi kettő elől részben védettséget nyújt a Kárpátok hegyvonulata).

Az évkönyvek által lefedett időszakban a kiválasztott hat mérőállomás évi átlaghőmérsékletei 5,9–10,7°C közé estek (2. táblázat). A legalacsonyabb érték Csíksomlyónál jelenik meg, hiszen ez az állomás fekszik a legmagasabb tengerszint feletti magasságon (707 m), és elhelyezkedése miatt (Csíki-medence) könnyebben alakul ki hidegpárna (inverzió). A legmagasabb érték ezzel szemben Aradra jellemző, ahol a legalacsonyabb tengerszín feletti magasság mellett az akadálytalanul beérkező óceáni légtömegek enyhítik a telet, nyáron pedig az állomások közül itt érezhető legjobban a mediterrán hatás. A téli évszak átlagai mind 0°C alá estek (Csíkszereda: -5,83; Arad: -0,16), a nyári középérték pedig egyedül Aradnál haladja meg a 20°C-t (20,73).

A csapadék eloszlásában is fontos szerepe van a domborzatnak. Kiugró 1003 mm/éves összeggel rendelkezik Nagybánya, mivel az Északkeleti-Kárpátok nyugati peremén fekszik. A legalacsonyabb érték Csíksomlyónál jelenik meg (538 mm), ami bár magasabban fekszik, de Kolozsvárhoz hasonlóan dombvidéken, és topoklíma szempontjából csapadékarányékos területen helyezkedik el. A legnagyobb csapadékmennyiség a nyári évszakra jellemző, a téli hónapokban pedig viszonylag kevés a csapadék, bár a nyugatabbra fekvő állomásoknál

(Nagybánya, Arad) ez is jelentős lehet (3. táblázat). Az évkönyvek által lefedett időszak (1871–1918) és a jelenkori (1961–2020) adatok közötti kapcsolatot a következő fejezetekben statisztikai próbákkal elemezzük.

2. táblázat A mérőállomásokon mért történelmi és jelenkori átlaghőmérsékletek

	Átlaghőmérséklet									
	1871–1918					1961–2020				
	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz	Éves átlag	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz	Éves átlag
Arad	-0,16	10,80	20,73	11,30	10,67	0,29	11,08	20,86	11,01	10,81
Beszterce	-3,48	8,80	18,83	8,76	8,23	-1,81	9,75	19,01	10,00	9,24
Csíkсомlyó	-5,83	6,31	16,76	6,50	5,93	-5,48	6,41	16,10	6,13	5,79
Kolozsvár	-3,13	8,84	18,45	8,53	8,17	-1,91	9,42	18,61	9,07	8,80
Nagybánya	-1,53	9,69	18,79	9,57	9,13	-0,21	10,89	20,11	11,44	10,56
Nagyszeben	-2,48	9,19	18,27	8,87	8,46	-1,67	9,52	18,81	9,35	9,00

3. táblázat A mérőállomásokon mért történelmi és jelenkori csapadékmennyiségek

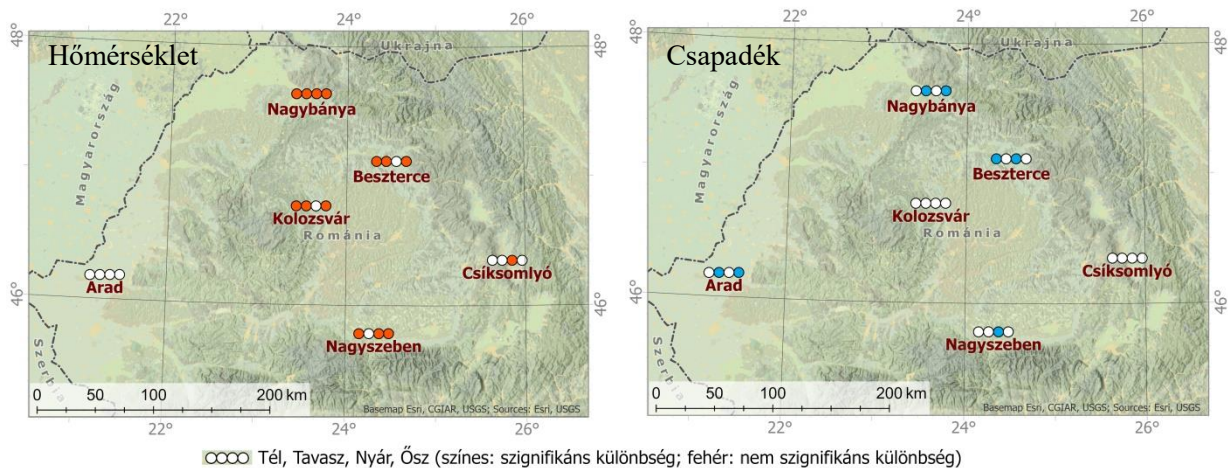
	Csapadékmennyiség									
	1871–1918					1961–2020				
	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz	Éves összeg	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz	Éves összeg
Arad	125	165	185	155	630	116	146	200	128	590
Beszterce	107	169	255	155	687	143	155	210	137	645
Csíkсомlyó	75	131	229	103	538	82	144	245	109	580
Kolozsvár	75	161	254	124	614	84	147	235	117	585
Nagybánya	221	238	307	237	1003	210	211	293	208	922
Nagyszeben	78	176	289	134	678	82	165	258	131	635

4.2 Éghajlati átlagok összehasonlítása

A történelmi és jelenkori adatok átlagainak összehasonlításához két-mintás T-próbát végeztünk évszakonként.

A hőmérséklet esetében a nagybányai mérőállomásnál minden évszakban jelentősen különböznek a két adatsor átlagai, a legnagyobb különbség (1,88°C emelkedés) ősszel történt. Ezzel szemben Csíkсомlyón csak nyáron, Aradon pedig egyik évszakban sem szignifikáns a változás. A legtöbb helyen a téli, illetve őszi hőmérsékleti középértékeknél ment végbe jelentős változás (4-4 állomásnál) (3. ábra, bal).

A csapadékmennyiség tekintetében kevésbé jelentősek az átlagbeli különbségek, Csíkсомlyó és Kolozsvár esetében egyáltalán, Nagyszebennél pedig csak nyáron találunk szignifikáns változást. A többi állomásnál két-két évszakban szignifikáns a különbség, Aradon és Nagybanán a tavaszi és őszi, Besztercen pedig a téli és nyári csapadékmennyiség változott (3. ábra, jobb).



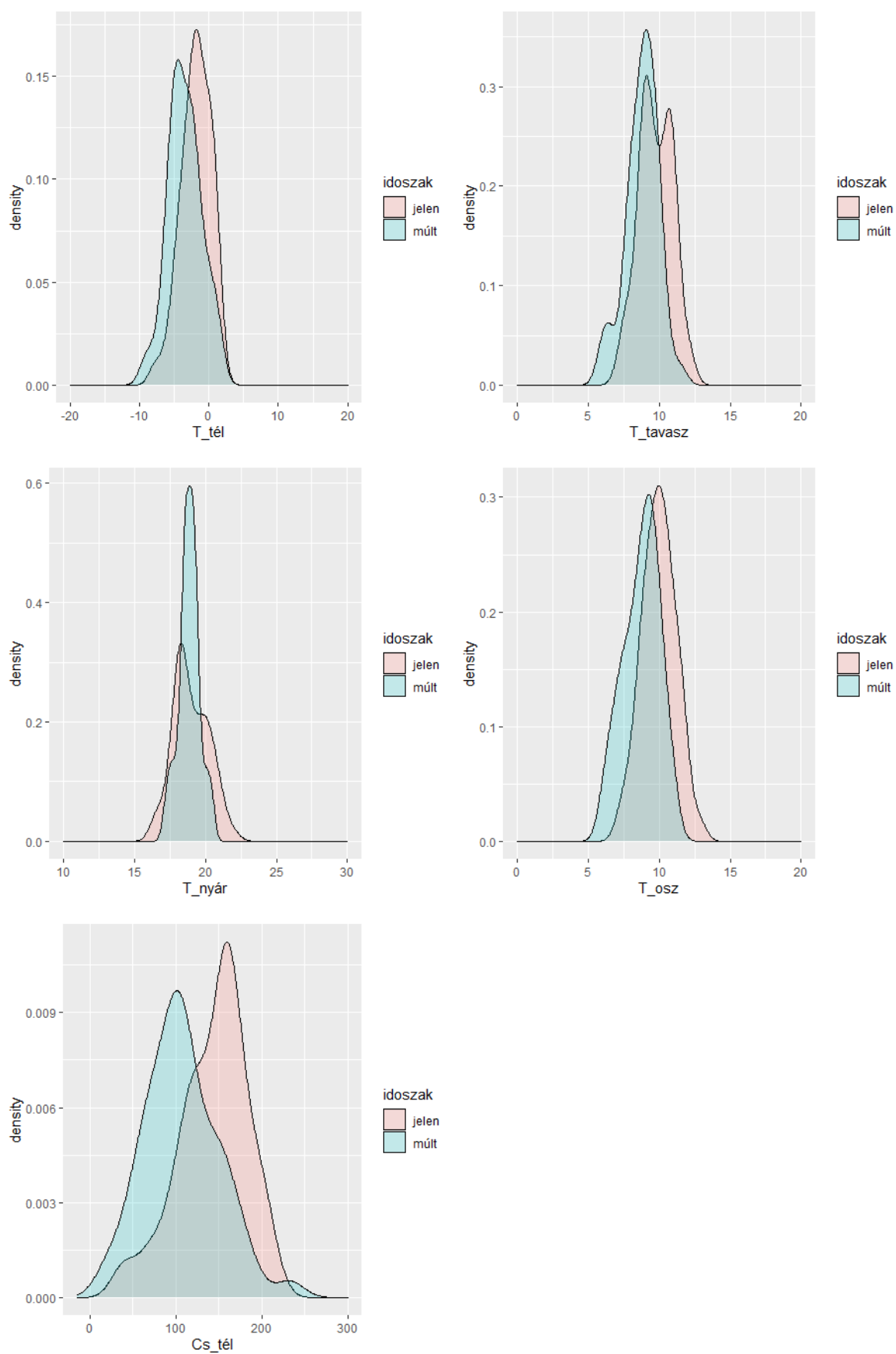
3. ábra Éghajlati átlagok összehasonlítása két-mintás T-próbával, a négy kör az évszakokat jelzi, rendre tél, tavasz, nyár és ősz.

4.3 Eloszlások összehasonlítása

Az éghajlati átlagok összehasonlítása mellett fontos információt ad az eloszlások tanulmányozása, mely az átlag mellett a szélső értékek változásaira is rátekintést nyújt. Ebben az esetben elmondható, hogy inkább a hőmérsékleti adatsoroknál találunk jelentősebb különbségeket (4. ábra, bal). A vizsgált terület déli részén, Arad és Nagyszeben állomásoknál egyik évszakban sincs szignifikáns változás, Nagybánya és Beszterce esetében viszont minden évszaknál jelentős a változás. A tavaszi és az őszi hőmérsékletek eloszlása változott a legtöbb helyen (4-4 állomásonál).

A hisztogramok alakulásán szépen látszik a szélső értékek eltolódása is. Nagybánya esetében (5. ábra) a téli hőmérséklet szélső értékei nem módosultak jelentős mértékben, itt az átlag tolódott a magasabb értékek fele, a tavaszi és őszi hisztogramokon viszont a minimum és maximum értékek is feljebb csúsztak. A nyári minimumok nem tolódtak el, a maximumok viszont igen. Beszterce állomás (6. ábra) téli hisztogramjain jól látszik, hogy a maximum értékek nem változtak, a minimumok viszont feljebb tolódtak a jelenkori adatok esetében. A tavaszi és őszi évszakokban – Nagybányához hasonlóan – a minimum és maximum értékek is feljebb csúsztak. Nyáron a minimumok lejjebb, a maximumok pedig feljebb csúsztak, itt az átlagok nem is térnek el szignifikánsan, viszont jóval nagyobb lett a szélső értékek közötti különbség.

A csapadékmennyiségek eloszlása (4. ábra, jobb) egyedül Beszterce téli adatsorainál különbözik szignifikánsan. A hisztogramok alakulásáról (6. ábra) leolvasható, hogy a minimum értékek feljebb tolódtak, a maximumok pedig – bár nem tolódtak feljebb – jóval nagyobb gyakorisággal fordultak elő a közelmúltban.

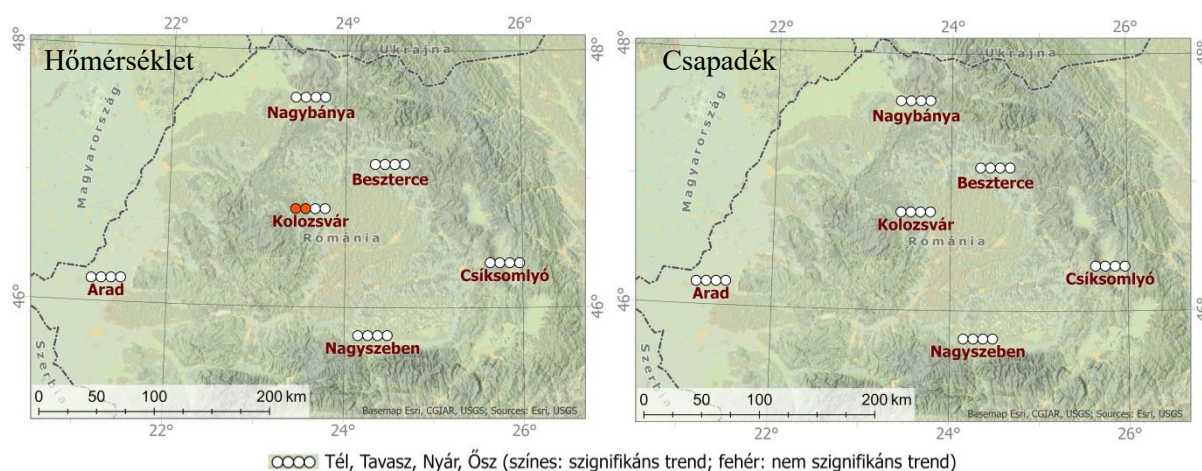


6. **ábra** Hisztogramok alakulásai Beszterce állomásnál (téli, tavaszi, nyári és őszi hőmérséklet, valamint téli csapadék)

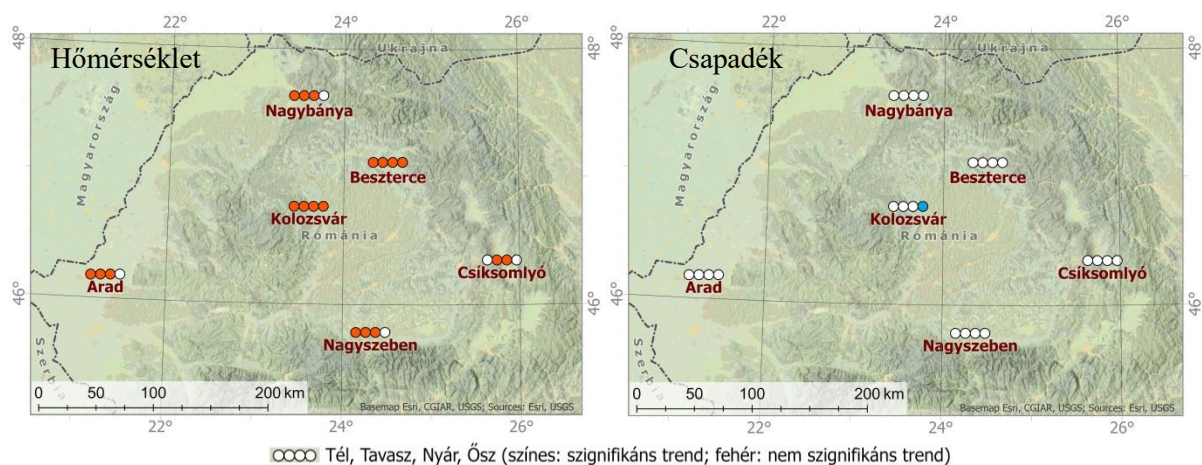
4.4 Trendek összehasonlítása

A trendek elemzéséből kitűnik, hogy jelentős különbség van a történelmi (1871–1918) és a jelenkori (1961–2020) hőmérsékletek alakulása között. Minden szignifikánsnak minősült trend emelkedő jellegű. Az első periódusban (7. ábra, bal) csak Kolozsvár téli és tavaszi hőmérsékleteire jellemző az emelkedő tendencia, a második időszakban viszont szinte minden állomásra és évszakra. A második időszak tavaszi és nyári hőmérsékletei mind a hat mérőállomáson emelkedtek, illetve Csíksomlyón kívül a téli adatokra is szignifikáns emelkedő trend jellemző. Legkevesbé az őszi hőmérsékletek emelkedtek, ez csak Kolozsváron és Besztercen figyelhető meg (8. ábra, bal).

A csapadékok adatsorai (7-8. ábra, jobb) 1871–1918 között egyáltalán nem, és 1961–2020 között is csak a Kolozsvári őszi csapadékmennyiségnél mutatnak szignifikáns (emelkedő) trendet.



7. ábra Az 1871–1918-as időszak trendanalíziseinek eredményei



8. ábra Az 1961–2020-as időszak trendanalíziseinek eredményei

7. Összefoglaló

A magyar meteorológiai intézet évkönyvei szervezett körülmények között gyűjtött, hosszú meteorológiai adatsorokat tartalmaznak, melyek közül az erdőre vonatkozó adatok mindeddig nem voltak feldolgozva. Tanulmányunkban ezt a folyamatot kívántuk elkezdni hat kiválasztott mérőállomás (Arad, Beszterce, Csíksomlyó, Kolozsvár, Nagybánya és Nagyszeben) átlaghőmérsékleti és csapadékmennyiségi adatainak elemzésével.

Első lépésként az évkönyvek által lefedett 48 év (1871–1918) méréseinek évszakos átlagait és eloszlásait hasonlítottuk össze a jelenkori (1961–2020) adatok átlagaival és eloszlásaival. Eredményeink szerint a hőmérséklet esetében vannak jelentős különbségek, míg a csapadékmennyiség adatsorai alig különböznek. Leginkább a téli és őszi átlaghőmérsékleteknél, valamint a tavaszi és őszi eloszlásoknál szignifikáns a különbség. Nagybánya esetében minden évszaknál eltér jelentősen úgy az átlag, mint az eloszlás is, hasonlóan Besztercéhez, ahol csak a nyári átlaghőmérsékletek nem térnek el. Ezzel szemben Aradnál egyik évszakban sem jelentős az átlagok és eloszlások közötti különbség.

A trendek elemzéséből is az vonható le következtetésként, hogy a csapadékmennyiségek alakulása alig változott, a hőmérsékleté viszont igen. Míg az 1961–2020-as időszakban szinte minden állomás és évszak hőmérsékletei emelkedő tendenciát mutatnak, addig az évkönyvek által lefedett 1871–1918-as periódusban csupán egy állomás (Kolozsvár) téli és tavaszi átlaghőmérsékletei emelkedtek jelentős mértékben. Ez a lokális jellegű trend a XIX. század végén már jellemző dinamikus városiasodásnak tudható be (a fűtési szezonban tapasztalt hőmérséklet emelkedés Kolozsvár területén). Ezzel ellentétben a közelmúltban tapasztalt trendek egy globális léptékű folyamat megnyilvánulásai, amelyek minden állomás adatsorából kimutathatóak. A globális éghajlatváltozás regionális hatásai Erdélyben a hőmérsékletek emelkedésében nyilvánulnak meg, itt is elsősorban az átmeneti évszakok, a tavaszi és az őszi értékek változnak jelentősen. Itt nem csak az átlagértékek változását látjuk, hanem a szélső értékek egyértelmű eltolódását is, ami egyre enyhébb (fagymentes) tavaszi és őszi időszakokat jelent. Ugyanakkor szignifikánsan nőnek a téli minimum és nyári maximum hőmérsékletek. Ezek a változások főként a vizsgált terület északi és középső részében tapasztalhatóak. A csapadékösszegeket tekintve nem tapasztaltunk szignifikáns változásokat, de a besztercei téli csapadékok elmozdulása a korábbi gyakori kisebb/csendesebb esőzésekről a nagyobb intenzitású esőzések irányába összecseng a nagyobb, akár kontinentális léptékű csapadék tendenciákkal.

Az elmúlt 150 év éghajlati adatsorainak elemzése alátámasztja azokat a tendenciákat, amiket eddig rövidebb, pár évtizedes idősorokon mutattunk ki, viszont az előbbi esetében az

eredmények statisztikai értelemben véve messzemenően hitelesebbek. A hosszú idősor sokkal egyértelműbben rávilágít az éghajlati elemekben bekövetkezett változásokra, és a múltbeli éghajlati adottságok rekonstruálása mellett a jövőbeli tendenciák dinamikáját is pontosítja.

Az évkönyvek adatainak további feldolgozása lehetővé teszi majd, hogy több féle, ennél nagyobb területi (és egyes esetekben időbeli) felbontású adatok alapján vonjunk le következtetéseket Erdély múltbeli (19. század végi, 20. század eleji) éghajlatáról.

8. Bibliográfia

- ASZTALOS M. (szerk) (1936): A történeti Erdély, kiadja a Erdélyi Férfiak Egyesülete, Budapest, <http://adatbank.transindex.ro/cedula.php?kod=1127> (letöltve 2021.03.12)
- BARRIENDOS M., LLASAT, M. C. (2003): The case of the ‘maldá’ anomaly in the western mediterranean basin (ad 1760–1800): an example of a strong climatic variability. *Climatic Change*, 61(1/2), 191–216. doi:10.1023/a:1026327613698
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R., MOLNÁR Z. (2004): Classification and analysis of past climate formation based on historical documentary sources for the Carpathian basin. *International Journal of Climatology* 24(14): 1759-1776, <https://doi.org/10.1002/joc.1106>
- CHEVAL S., HALIUC A., ANTONESCU B., TIȘCOVSCHI A., DOBRE M., TATUI F., DUMITRESCU A., MANEA A., TUDORACHE G., IRIMESCU A., BIRSAN M.-V., MOCK C. (2020): Enriching the historical meteorological information using Romanian language newspaper reports: A database from 1880 to 1900. *International Journal of Climatology*. 10.1002/joc.6709.
- CSERNUS-MOLNÁR I., KISS A., PÓCSIK E. (2014): 18th-Century Daily Measurements and Weather Observations in the Se-Carpathian Basin: A Preliminary Analysis of the Timișoara Series (1780-1803). *Journal of Environmental Geography*. 7. 1-9. 10.2478/jengeo-2014-0001.
- DUMITRESCU A., BOJARIU R., BIRSAN M.-V., MARIN L., MANEA A. (2014): Recent climatic changes in Romania from observational data (1961-2013). *Theoretical and Applied Climatology*. 122. 10.1007/s00704-014-1290-0.
- Évkönyvek (1871–1918): A Meteorológiai és Földdelejjességi (később Földmágnesség) Magyar Királyi Központi Intézet évkönyvei. ELTE könyvtár ?
- LUCKMAN B.H. (2013): Dendroclimatology. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, *Encyclopedia of Quaternary Science* (Second Edition), p. 459-470.
- SENEVIRATNE S., NICHOLLS N., EASTERLING D., GOODESS C.M., KANAE S., KOSSIN J., LUO Y., MARENGO J., MCINNES K., RAHIMI M., REICHSTEIN M., SORTEBERG A., VERA C., ZHANG X. (2012): Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. (ed.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p. 109-230.

WEIDINGER T., NAGY L., BALI G., TORDAI Á. V. (2017): Kárpát-medencei éghajlati idősorok (1871–1918). A VII. Magyar Tájökológiai Konferencia Tanulmányai, Szeged, 2017. 05. 25-27.

www.mek.oszk.hu – Magyar Elektronikus Könyvtár:

- mek.oszk.hu/02100/02185/html/843.html – A meteorológia története 1911-ig
- mek.oszk.hu/02100/02185/html/844.html – A meteorológia története 1945-ig
- mek.oszk.hu/02100/02185/html/845.html – A meteorológia története 1945 után

www.carpatclim-eu.org/ – CarpatClim adatbázis

www.ecad.eu – ECA&D adatbázis