

# A Nyírség és a Felső-Tisza-vidék éghajlati elemzése

SZAKDOLGOZAT



Készítette:

**Mikes Márk Zoltán**

III. éves földtudományi BSc hallgató  
meteorológus specializáció

Témavezető:

**Dr. Pieczka Ildikó**

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Földrajz- és Földtudományi Intézet

Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2019



# Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	2
1. A térség bemutatása, személyes motiváció.....	3
1.1 A Nyírség és a Felső-Tisza-vidék földrajza .....	3
1.2 A vizsgált térség éghajlata, detektált változások .....	4
1.3 Saját méréseim Tunyogmatolcson (2008-2009) .....	6
2. Történeti áttekintés a térségről, meteorológiai szempontból .....	8
2.1 A mérések kezdete előtti feljegyzések .....	8
2.2 Műszeres mérések a területen, éghajlati feldolgozások a 20. században .....	10
3. Az éghajlat vizsgálata a közelmúltban, hőmérsékleti és csapadékadatok segítségével.....	17
3.1 A mérőállomások bemutatása és a felhasznált adatsorok .....	17
3.2 Az éghajlat áttekintése SYNOP adatokból, Walter-Lieth diagramon keresztül .....	17
3.3 Hőmérsékleti adatsorok feldolgozása .....	19
3.4 Csapadékadatok feldolgozása – szélsőségek.....	22
3.5 Az éghajlati feldolgozás kiegészítése a 2017-es és a 2018-as év meteorológiai áttekintésével .....	24
4. Klímamodellezési vizsgálatok .....	27
4.1 A klímamodellezés elmúlt harminc évének rövid áttekintése.....	27
4.1.1 A klímamodellezés előzményei hazánkban.....	31
4.2 A felhasznált modell bemutatása és validációja .....	32
4.3 A kapott modelleredmények .....	34
Összefoglalás.....	36
Köszönetnyilvánítás.....	38
Irodalomjegyzék.....	39

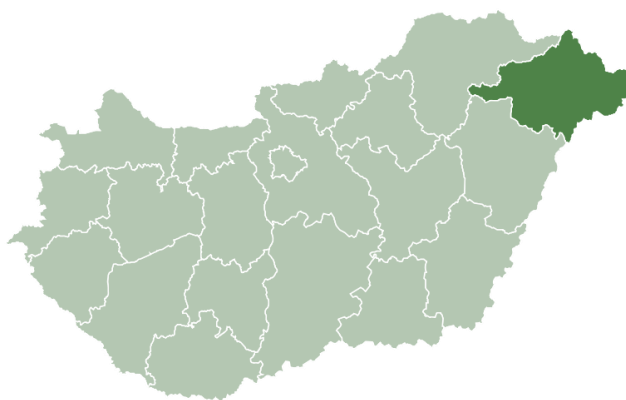
## Bevezetés

Földünk éghajlata folyamatos változásban van, ám ezek a fluktuációk többnyire olyan időtávon történnek, amely egy ember életéhez képest sokkalta hosszabb. Ebből adódóan egy kisebb térség, mint például a Nyírség és a Felső-Tisza-vidék éghajlata is változásokon ment és megy keresztül. Viszont a helyzet most teljesen más képet kezd öltetni: az emberi beavatkozás hatására éghajlatunk sokkal gyorsabban és érezhetőbben változik, a folyamat üteme összehasonlítható egy ember élethosszával. A dolgozat a már említett régióban vizsgálja az éghajlati paramétereket, azok változását; célja, hogy objektív képet mutasson a lezajlott és jelenleg is tartó folyamatokról. Persze teljes objektivitás nem érhető el, mivel a motiváció egy részét a személyes kötődés biztosítja a szülőföldem iránt, amely egy rövid mérésorozat elemzésében merül ki a dolgozat elején. Kiemelendő, hogy a terület az egyik legfőbb éghajlati paraméter – a hőmérséklet – terén az ország összes többi részénél nagyobb változásokat mutat. Az éghajlati elemzés elkészítésénél fontosnak tartottam a múlt megismerését, így egy történeti áttekintés keretein belül megismerhető korabeli feljegyzések alapján a múlt éghajlatának egy kicsiny része. A rendszeres mérések kezdetével egyre több adatot és így pontosabb képet kaptunk ezen vidék klímájáról. *Dr. Borsy Zoltán* munkásságát megismerve, a dolgozat tekinthető a Nyírségről született mű éghajlati fejezetének egy 21. századi folytatásának is. Saját munkám keretében a hőmérséklet és csapadék éghajlati adatsorait dolgoztam fel. A vizsgálat itt be is fejeződhetett volna, viszont jelenlegi tudásunk (és kíváncsiságunk) által a jövő felé fordítottuk érdeklődésünket. A globális klímaváltozás ténye arra ösztönzött bennünket, hogy különböző klímamodellek felhasználásával megpróbáljuk legjobb tudásunk szerint leírni a jövő éghajlatát, a kiválasztott paraméterek megváltozása alapján. A dolgozatban egy regionális klímamodell adatait jelenítettem meg a hőmérséklet és csapadék változókra. Ezen felül rövid történeti áttekintést adok a klímamodellezés történetéről, bemutatva egyéb hazai eredményeket is. A jövőben fontos lehet, hogy a klímaváltozás hatásait jobban megértsük saját környezetünkben, ehhez nyújthat segítséget egy ilyen kis térségről szóló elemzés.

# 1. A térség bemutatása, személyes motiváció

## 1.1 A Nyírség és a Felső-Tisza-vidék földrajza

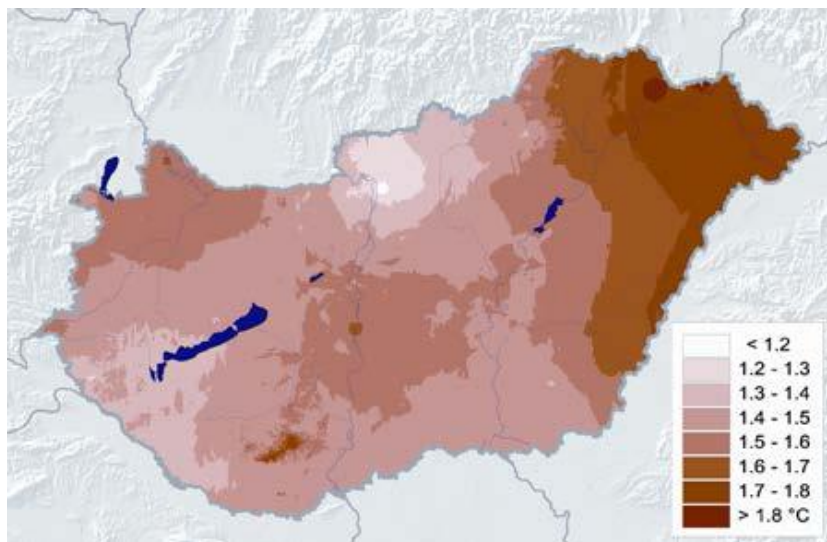
A dolgozat a Nyírséget és a Felső-Tisza-vidéket vizsgálja, melynek jelentős része Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében (1. ábra) található. A megye Magyarország legkeletibb részén helyezkedik el, Szlovákia, Ukrajna és Románia határolja az országon kívülről, míg belülről Borsod-Abaúj-Zemplén és Hajdú-Bihar megyék. Területe 5937 km<sup>2</sup> (az ország 6,4%-a) és 2011-ben 555 ezer lakosa volt [1a-KSH]. Területének nagy része (3070 km<sup>2</sup>) mezőgazdasági művelés alatt áll, ahol kukoricát, takarmánynövényeket és olajos növényeket termesztnek, illetve gyümölcsösökben főleg almát, szilvát. 590 km<sup>2</sup> erdővel borított, kevés helyen találkozhatunk még régi tölgyerdőkkel. Többféle talajtípus is előfordul, a Nyírségben futóhomok, löszös homok, barna erdőtalaj, míg a folyók mentén öntéstalajok, réti talajok alakultak ki. A legnagyobb folyó a területen a Tisza, amit a Szamos, a Kraszna és a Túr táplál, valamint jelentős még a Lónyai-főcsatorna is. A megye két nagy részre különül el, a Nyírségre és a Felső-Tisza-vidékre, melyek éghajlati tényezőikben kevésbé különböznek. A Nyírség főleg homokos talaján akác- és fenyőerdők jellemzők, a terület 20-50 méterrel magasabb a környező sík területeknél. Ezen felül rengeteg deflációs forma található a Nyírségben (szélbarázdák, maradékgerincek, garmadák, deflációs mélyedések). A Felső-Tisza-vidék területén a folyók hordalékkúpjait találhatjuk, szinte tökéletes síkságot. A Szamoshát és a Nyírség közé az Ecsedi-láp ékelődik, melyet lecsapoltak, jelenleg már mezőgazdasági művelés folyik a helyén (Frisnyák, 1984).



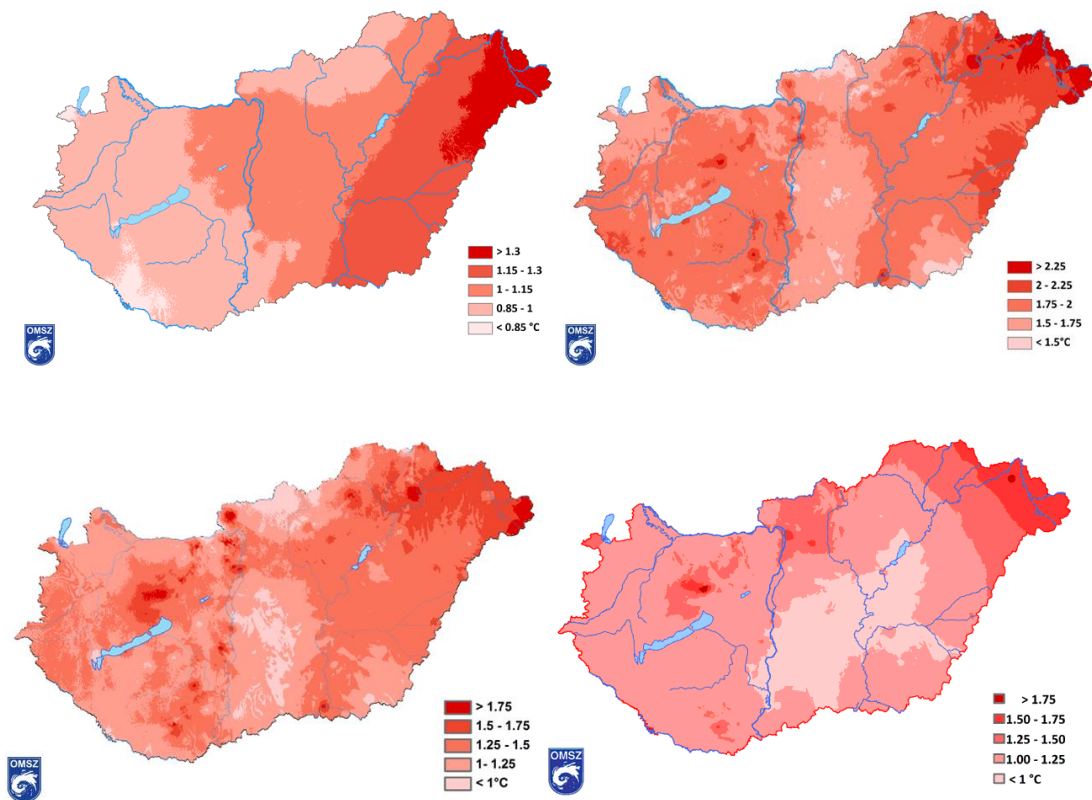
1. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye elhelyezkedése Magyarországon belül. (Forrás: [1-Wikipédia])

## 1.2 A vizsgált térség éghajlata, detektált változások

A megye területén belül az átlagos évi középhőmérséklet 9-11 °C közötti (az 1960-2009-ig terjedő időszakban, a CarpatClim adatbázisából számítva). Ekkor egyetlen 10 éves periódusban sem csökken 9 °C alá az évi középhőmérséklet (Spinoni et al., 2015), viszont a 2000-2009-es időszakban már megjelennek 11 °C fölötti értékek is (jellemzően a térség délebbi részein). Az 1980-2009 közötti időszakban hazánkban ezen a területen a legnagyobb mértékű a melegedés (2. ábra, Lakatos és Bihari, 2011), mintegy 1,7-1,9 °C. A régió kívül az országban egyedül a Mecsekben található hasonló érték, de csak kis, nem összefüggő területeken. Ugyanezen időszakban a nyár (2-2,2 °C), a tél (1,4-1,8 °C) és az ősz (1,1-1,2 °C) is kiemelkedően nagy mértékben melegedett az ország más vidékeihez képest. Tavasszal 1,8-2 °C a növekedés, de ekkor a Mecsekben és a Kisalföld nyugati részén is hasonló értékeket számítottak. Az ezt követő években is rendre az ország északkeleti része volt az 1971-2000 éghajlati normálidőszakhoz viszonyítva a legmelegebb. 2013-ban 1,2-1,3 °C-kal, 2014-ben 2-2,3 °C-kal, 2015-ben 1,5-1,8 °C-kal, míg 2016-ban 1,25-1,75 °C-kal volt melegebb az 1971-2000-es időszagnál (3. ábra). A hőmérséklet növekedésével a hóhullámos napok (TN25) száma 10 nappal emelkedett a megyében az 1981-2016-os időszakban. A valaha mért legmagasabb hőmérsékleti érték 40,2 °C, melyet 1952. augusztus 16-án mértek Nyíregyházán, míg az abszolút minimumot 1940. február 18-án, szintén Nyíregyházán, ekkor –27,8 °C volt.



2. ábra: Az évi középhőmérséklet megváltozása 1980 és 2009 között. (Forrás: Lakatos és Bihari, 2011)



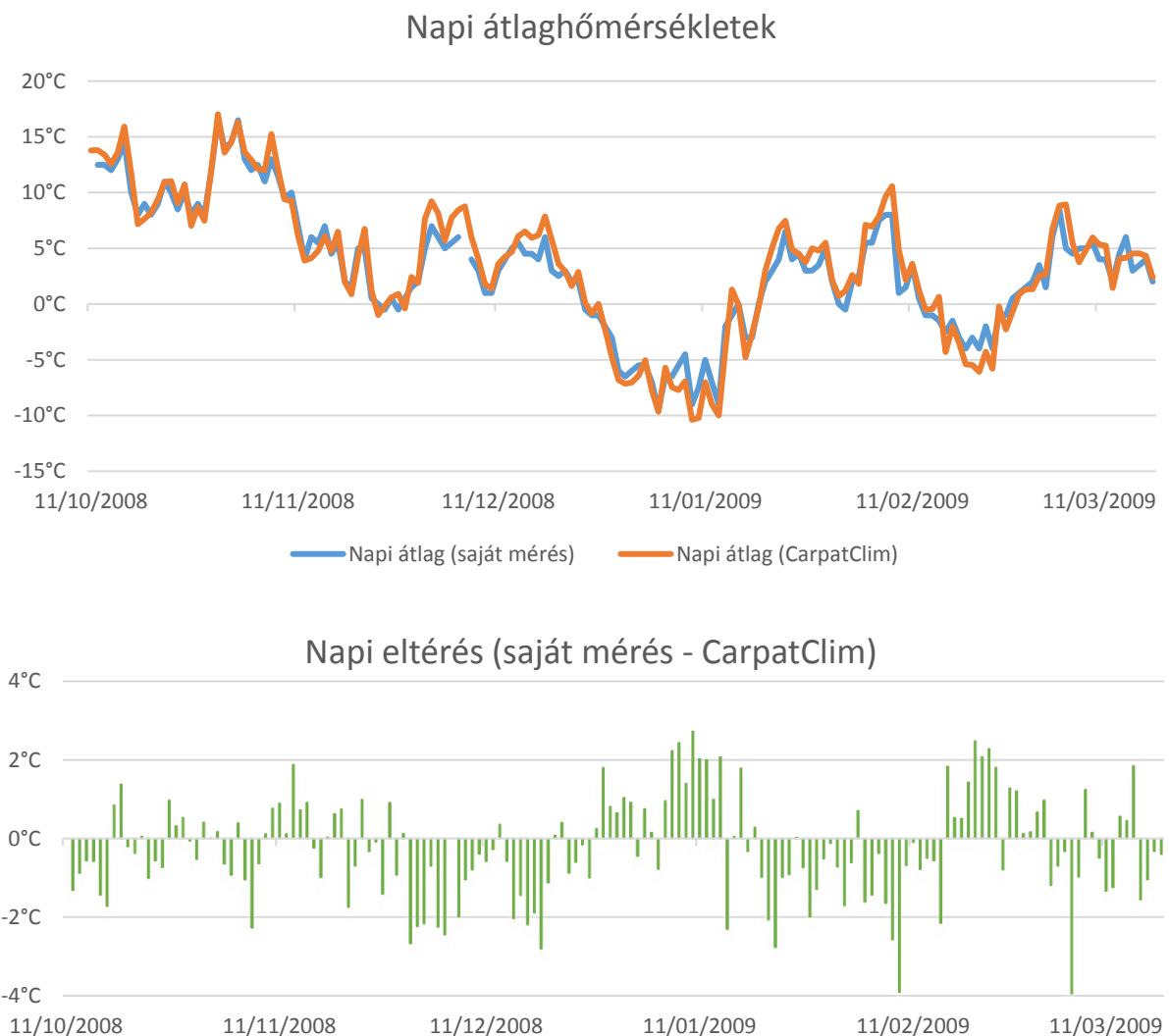
3. ábra: Az éves középhőmérsékletek eltérése az 1971-2000-es normál időszaktól 2013-ban (bal fent), 2014-ben (jobb fent), 2015-ben (bal lent) és 2016-ban (jobb lent). Látható, hogy mind a négy évben a vizsgált térségben találjuk a legnagyobb értékeket. (Forrás: [3-OMSZ])

Csapadékviszonyok tekintetében az 1960-2009-es időszakban a területen 5-15%-kal nőtt a lehulló csapadék mennyisége (Lakatos és Bihari, 2011), míg az ország 2/3-án nem változott vagy éppenséggel csökkent. Az 1981-2010-es időszakban átlagosan a térség 500-700 mm csapadékot kapott évente (Bihari, 2018), de a szélsőségek (pl. RR20) egyre gyakoribbá váltak. A csapadék eloszlására jellemző, hogy kelet felé haladva növekszik az éves mennyiség. Kiemelendő a 2010-es év, amikor az átlagosnál jóval több, 900-1200 mm csapadék hullott le az év során a régióban.

Az éves napfénytartam 1950 és 2100 óra között alakul a megye területén (Bihari, 2018). A legtöbb napsütés júliusban és augusztusban jelentkezik, míg a legkevesebb decemberben (összefüggésben a felhőzet mennyiségével, mely ekkor a legtöbb). A térségben közepes erősségű, 3 m/s körüli szelek fújnak éves átlagban. A jellemző szélirány É-ÉK illetve DNY, de jelentős a szélcsend aránya is.

### 1.3 Saját méréseim Tunyogmatolcson (2008-2009)

2008 őszén saját mérésekbe kezdtem a lakóhelyemen, Tunyogmatolcson. 2008. október 11-től 2009. március 19-ig bezárólag vizsgáltam a napi időjárást. Ez alatt minden nap naponta legalább 3 alkalommal mértem a hőmérsékletet, melyből napi, illetve heti középhőmérsékletet számoltam. Ezen felül vizuális észlelésekkel (felhőzet, szél, csapadék, hóvastagság) egészítettem ki a munkámat. A lejegyzéseim egy A/5-ös füzetbe kerültek, majd ezt digitalizáltam egy Excel táblázatba. Ezután már össze tudtam hasonlítani a később éghajlati vizsgálathoz (Mikes, 2017) is felhasznált CarpatClim adatbázissal, azon belül a Tunyogmatolcsra vonatkoztatott rácsponttal (4. ábra).



4. ábra: A CarpatClim és a saját adatsorom menete a vizsgált időszakban (felül) illetve a napi eltérés mértéke (alul).



A napi középhőmérsékletek menete szinte teljesen megegyezik, az eltérések oka a műszerem minőségében, és az életkoromból adódóan a hivatalos mérésekhez képest kevesebb mérésben keresendő. Az eltérés értéke napi szinten  $-4$  és  $+3$  °C között maradt (az esetek 60%-ában azonban ennél jóval szűkebb intervallumba,  $-1$  és  $+1$  °C közé esett), jellemzően a hűvösebb periódusokban magasabb értékeket regisztráltam, míg a melegebb időszakokban alacsonyabbat. Az eltérés átlaga a teljes időszakra vonatkoztatva  $+0,2$  °C.

A vizsgált 160 napból 12 volt derült (felhőzet mennyisége az észlelések idején kevesebb, mint 1 okta) és 24 nap borult (felhőzet mennyisége az észlelések idején 8 okta). Ezen felül 17 napon regisztráltam esőt, 8 napon ködöt, 2 napon havasesőt és 14 napon havazott. Az adatsorból szépen kirajzolódnak a nagyobb skálájú meteorológiai jelenségek, pl. több napon át tartó esőzés – mediterrán ciklon vagy melegfront; D-i illetve DNy-i szél – jelentős melegedés a téli időszakban is. Összegzésképpen elmondható, hogy ez a mérésorozat indított el azon az úton, amely közelebb vitt a meteorológia világához, majd később e dolgozat megszületéséhez is vezetett.

## 2. Történeti áttekintés a térségről, meteorológiai szempontból

### 2.1 A mérések kezdete előtti feljegyzések

A rendszeres mérések elkezdése előttől kevés feljegyzés maradt ránk Magyarország ezen térségének éghajlatáról. Ezek főképp vizuális észlelések, természeti csapások leírásai, amelyek jelentősen kihatottak az itt élő emberek életére. Miért is fontosak nekünk ezek a feljegyzések? Nagyrészt azért, mert így képet kaphatunk hasonló időjárási szélsőségekről, amelyek napjainkban is előfordulnak, vagy a bekövetkezésük gyakoriságából következtethetünk a múltbeli éghajlatra is. Először ezeket a műszeres mérések előtti időszakból származó feljegyzéseket dolgoztam fel. Ehhez *Réthy Antal: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon* című köteteit használtam (Réthy, 1998; 1999; 2009).

A térségből a legtöbb feljegyzés a XVIII. és XIX. században az Alföld e részét átszelő folyók (Szamos, Tisza, Túr, Kraszna) árvizeiről szól. A folyók szabályozása előtti időkben számuk jelentős volt és hatalmas károkat okoztak a mezőgazdaságnak. Kiváltó okuk az esetek többségében a Kárpátokban felgyülemlett hó elolvadása volt tavasz elején, de ezen felül az év bármely részében hosszan tartó csapadékos időszak a fenn említett folyók vízgyűjtő területén is árvizeket indított el. Ilyen árvizek pusztítottak 1712-ben, 1716-ban, 1780-ban, 1783 decemberében, 1784-ben, 1785-ben, 1792-ben, 1841-ben, 1847 áprilisában. A legutóbbi árvíz a Szamoson 1970 májusában, míg a Tiszán 2001-ben volt. A jövőben is valószínű, hogy készülhetünk árvizekre, de a múltban leírt károokra itt nem kell számítanunk, mivel az árvízvédelmi rendszer a megye területén kiépült.

Jelentős károkat okoztak a térségben a tavaszi fagyok is. A virágzás közben vagy után fagykárt szenvedett növények hatalmas termés kieséssel jártak (főleg a szőlőtermés, amely a vizsgált térségben kevésbé volt jelen, de a Tokaji Borvidék közelsége miatt sok feljegyzést olvashatunk erről). Ilyen fagyok okoztak termés kiesést 1782 májusában, 1785-ben, 1812-ben és 1836 májusában. A közelmúltban, 2007 áprilisában történt hasonló eset a megyében, amikor az almatermés szinte teljesen megsemmisült abban az évben. A tavaszi fagyok a jövőben is nagy kockázatot jelenthetnek a mezőgazdaság számára.

Végül olyan szélsőségekről is maradtak fenn feljegyzések, melyek esetszáma alacsonyabb, viszont további károkat okoztak a mezőgazdaságnak vagy emberéleteket követeltek. Ezek kronológiai sorrendben a következők: 1781-ben nagyobb aszályról számoltak be Fehérgyarmaton, míg 1782-ben sáskajárás volt a térségben. 1784 januárjában hatalmas hóvihár tombolt Szabolcs megyében, mely sok ember életét követelte és több napig ellehetetlenítette a közlekedést. 1796 februárjában nyári melegről számoltak be Szatmár vármegyéből, míg 1797-ben a hosszan tartó fagymentes időszak miatt kétszeri virágzásról, illetve termésről olvashatunk, szintén Szatmárból. 1822-ben a Szatmár megyében található Süly községben meleg őszről írtak, amely novemberig is kitartott. 1834-ben Bereg megyében szárazság volt, amiből adódóan tüzekről számoltak be a helyiek. 1835 decemberében a hirtelen jött erős fagyok miatt haltak meg többen. 1863 augusztusában található a talán legérdekesebb feljegyzés a területről: Szatmár vármegyét hatalmas füst lepte be, miután Csenger környékén erdőtűz pusztíthatott. A füst a Napot is eltakarta, vörös korongként látták a helyiek. Hasonló beszámolókat olvashatunk az Észak-Amerikában nyaranta előforduló erdőtüzeknél is. 1879-ben újra sáskajárás pusztított a megye területén. A közelmúltban az aszályos időszakok száma nőtt legnagyobb számban a múltban leírtakhoz képest, potenciálisan ez is veszélyforrás a mezőgazdaságnak.

1831-től 1838-ig egy névtelen észlelő feljegyzései maradtak ránk, aki Nagykálló mindennapi időjárásáról írt pár sorban. A település Nyíregyházától 20 km-re, DK-re fekszik, a Nyírség területén. Az írásai szubjektívek, kevésbé rekonstruálható belőle a korabeli éghajlat, viszont napi felbontású, meteorológiai jellegű feljegyzésből ez az első a térségben.

## 2.2 Műszeres mérések a területen, éghajlati feldolgozások a 20. században

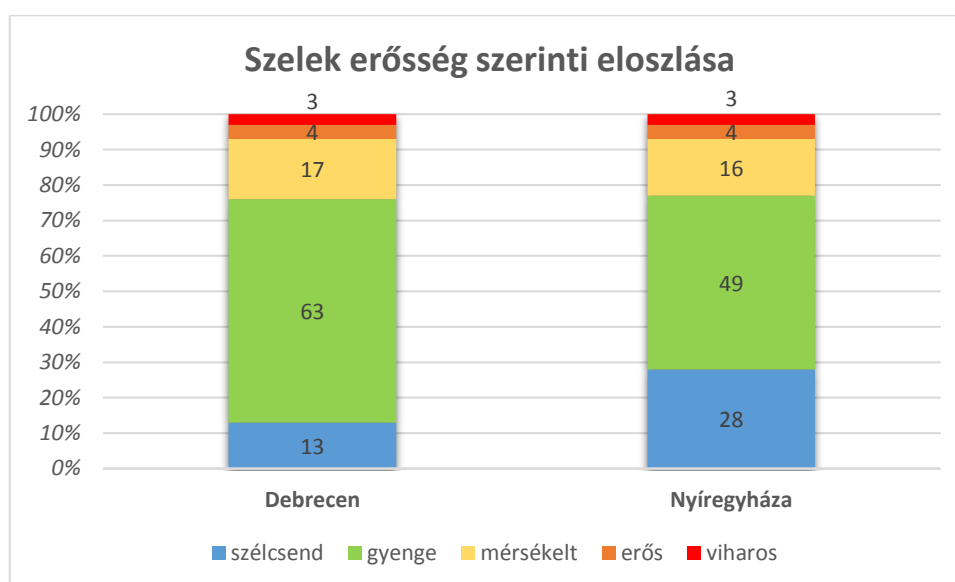
Az első műszeres méréseket a megyében Nyíregyházán végezték 1867-ben. Később egyre több állomáson és egyre több paramétert vizsgáltak.

A 20. század közepén már elegendő mérési adat állt rendelkezésre, hogy abból éghajlati következtetéseket vonjanak le. 1961-ben jelent meg *Dr. Borsy Zoltán: A Nyírség természeti földrajza* című könyve, amiben a vizsgált térség nagyobb részét alkotó Nyírség éghajlatával is foglalkozik (Borsy, 1961). A megye területén ekkor már több helyen folytak mérések, ilyen volt: Mátészalka, Kisvárda, Vásárosnamény, Záhony, Nyírbéltek, Nyírábrány, Nyíregyháza, illetve a Nyírség legdélebbi részén kívül eső Debrecen is, ahol már 1854-ben létesült az első meteorológiai állomás. Ezen felül számos csapadékmérő állomást is létrehozottak a területen, ezen éghajlati paraméter térbeli változékonysága miatt. Az éghajlati feldolgozásban a következő paramétereket vizsgálták: hőmérséklet, csapadék, szél, napsütés-felhőzet, légnyomás, hótakaró, légnedvesség.

Borsy először a szélviszonyokat vizsgálta meg 5 állomáson, név szerint: Nyíregyháza, Debrecen, Mátészalka, Kisvárda és Nyírbéltek. Az első két állomáson 1940-43 között, míg utóbbi három állomásnál 1951-55 között. Az eltérő mérési időszakok azért fordulnak elő, mert a méréseket nem folytonosan, hanem pár éves időszakokban végezték. A szélirányok mellett a szélesebbségeket mérték, ám ezeket Beaufort-fokban adták meg (0-6-ig terjedő skálán, átváltások az 1. táblázatban). Borsy elsőként a jellegzetes szélirányokat határozta meg a mérőállomásokon. Nyíregyházán az É, ÉK, D, DNy irányú szelek a leggyakoribbak, míg Debrecenben az É, ÉK, K és D-i szelek fújnak gyakran. Míg az első állomáson a szélcsend aránya a teljes időszakban 28%, addig Debrecenben csak 13,4%. A kisvárdai állomáson az É-i és DK-i szél a leggyakoribb, de a szélcsend aránya is nagyon magas (40%). Nyírbélteken É, ÉK, K, D, DNy-i szél fúj gyakran, míg Mátészalkán ÉK, DK, DNy, ÉNy-i szél a gyakori. Az utóbbi két állomáson a szélcsend aránya alacsony (11 illetve 5%). Szélerősséget csak Nyíregyházán és Debrecenben mértek ez időben. A gyenge (1-2 Beaufort-fok) szelek aránya a legmagasabb, Debrecenben 63%, Nyíregyházán 49%. A mérsékelt szelek (3-4 Beaufort-fok) aránya 17% körül alakult mindkét állomáson, míg az erős (5 B-fok) és viharos (6 B-fok) aránya 4% illetve 3% körüli (5. ábra).

Beaufort-fok	Szélesség	Szövegesen
F 0	<2 km/h	Szélcsend
F 1	2 - 6 km/h	Gyenge
F 2	7 - 12 km/h	
F 3	13 - 19 km/h	Mérsékelt
F 4	20 - 30 km/h	
F 5	31 - 40 km/h	Erős
F 6	41 - 51 km/h	Viharos

1. táblázat: (Borsy, 1961)-ben és a méréseknél használt Beaufort-fok értékei km/h-ban és szövegesen.



5. ábra: (Borsy, 1961)-ben található szélereősség adatok Debrecen és Nyíregyháza állomásokra 1940-1943 között.

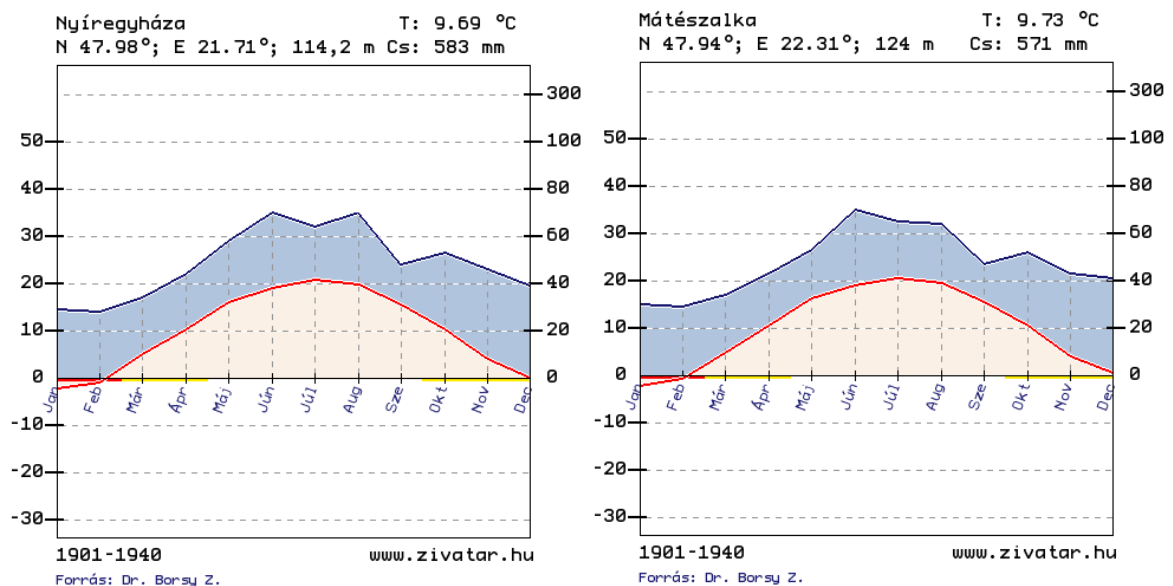
A napfénytartam a térségben északról dél felé növekszik, a legtöbbet júliusban süt a Nap, míg decemberben a legkevesebb a napsütés. Az adatokat itt két állomáson dolgozta fel: Nyíregyházán és Debrecenben, de mérések több helyen is folytak, mivel megemlíti Záhonyt is. A napfénytartam 1901 és 1930 közötti éves átlagértékei a következők: Debrecenben 2021 óra, Nyíregyházán már csak 1933 óra, míg Záhonyban 1800 óra körüli. Ezen felül a borultság szélsőértékeit vizsgálta, melyek után arra a következtetésre jutott, hogy az Alföldnek ezen a részén télen kevesebb a felhőzet, míg nyáron több a nagytáj többi részéhez képest.

Legnagyobb mértékben a hőmérsékleti adatokat dolgozta fel. Az adatokat Debrecen-Pallag, Nyíregyháza, Kisvárda és Mátészalka állomásokon vizsgálta, szinte a mérések kezdetétől (Nyíregyházán 1871-től) 1950-ig. Az 1901-től 1930-ig terjedő időszakban a vizsgált állomásokon az átlaghőmérsékletek: Debrecenben 10 °C, Nyíregyházán és Mátészalkán 9,7 °C. Az évi közepes hóingás ugyanezen időszakban Debrecenben 23 °C, Nyíregyházán 22,8 °C, Mátészalkán 22,5 °C volt, gyenge csökkenés figyelhető meg az értékekben, ha ÉK felé haladunk. Kisvárda átlaghőmérsékletét csak az 1901-től 1950-ig terjedő időszakban vizsgálta, ami 9,4 °C-nak adódott. Ugyanezen időszakban Debrecen évi középhőmérséklete 10 °C, míg Nyíregyházáé 9,8 °C volt. Ezen felül megvizsgálta Nyíregyházán a mérések kezdete óta előfordult legmagasabb abszolút és átlagos értékeket. A legmelegebb év az 1871-től 1950-ig terjedő időszakban az 1934-es, ekkor 11,7 °C volt a középhőmérséklet, míg 1940-ben, az azóta is leghidegebb évben 7,4 °C. Az abszolút maximumhőmérsékletet 1928. július 17-én mérték, 38,7 °C-ot, míg az abszolút minimumot 1940. február 18-án, ez –27,8 °C-nak adódott. Az éghajlati vizsgálat tárgya volt még a különböző hőmérsékleti klímaindexek vizsgálata is (téli napok, fagyos napok, nyári napok, hőségnapok és forró napok). Ezeket három állomáson, Debrecenben, Nyíregyházán és Mátészalkán vizsgálta az 1901–1930 közötti időszakban. A gyakoriság értékei között nem talált nagy eltérést területileg. Téli napból átlagosan 29, fagyos napból 110, nyári napból 70-80, hőségnapból 18-22 illetve forró napból 2 darab volt a vizsgált időszakban évente.

Részletesen tárgyalja a csapadékot is a szerző. A térségben több mint 30 csapadékmérő állomás adataival dolgoztak, 1901–1940-ig. A terület az Alföld csapadékosabb területei közé tartozik, déli részein 550 mm csapadék hull évente, ez É-ÉK felé haladva 650 mm-ig nő (Záhonyban ebben az időszakban az átlagos csapadékmennyiség 643 mm volt). A csapadék eloszlását évszakosan is vizsgálta, amely alapján a téli hónapokban (DJF) a terület nyugati részén kevéssel 100 mm alatti, míg a keleti és északi részekén 100-120 mm csapadék hullott. Nyáron (JJA) a terület egészén 180 mm feletti csapadék hullott átlagosan, egyes É-ÉK-i részekén 200-225 mm is hullhatott. Az átlagos értékek után a szélsőségeket is megnézve látható, hogy az egyes évek között markáns különbségek lehetnek: példaként 1933-ban a terület 700-800 mm csapadékot kapott, míg a következő évben, 1934-ben csak 300-400 mm hullott. Ezek után

a különböző csapadékmennyiségű napok számát vizsgálta a Nyírségben. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok száma átlagosan 85–98 nap között, az 5 mm-t meghaladó napok száma 35–42 között, a 10 mm-t meghaladó napok száma 15–18 között és a 20 mm-t meghaladó napok száma 3–5 között alakult. Ezen felül megvizsgálta a 24 óra alatt lehullott csapadékmennyiségek rekordjait is: Debrecenben ez 69 mm (1953. július 5.), Nyíregyházán 88 mm (1927. augusztus 30.), de Tégláson (amely település éppen az előbb említett két város között helyezkedik el) 1931. május 5-én 131 mm csapadékot regisztráltak.

A múltbéli adatok alapján, a későbbi összehasonlítás szempontjából fontosnak tartottam, hogy további feldolgozást végezzek a könyvben található adatokból. Ezért elkészítettem Nyíregyháza és Mátészalka Walter-Lieth diagramját (Walter & Lieth, 1960) az 1901-1940 közötti adatokból (6. ábra).



6. ábra: Nyíregyháza és Mátészalka Walter-Lieth klímadiagramja (1901-1940)  
 Forrás: [4-Zivatar.hu]

Már a múlt században népszerűek voltak a különböző éghajlati osztályozások, melyekkel az egyes klímaosztályok valamelyikébe sorolták a Föld különböző területeit. Magyarország ezen régióját is besorolhatjuk például Köppen (Köppen, 1936) vagy Trewartha (Trewartha, 1968) módszerével, viszont részletesebb képet kapunk, ha a Péczely-féle osztályozást (Péczely, 1979) használjuk. Köppen osztályozása szerint Magyarország északkeleti része a Df (hideg tél, egyenletes csapadék), míg Trewartha osztályozása szerint a D.1 (kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal) kategóriába tartozik. Péczely György munkájában (Péczely, 1979) megjelenik a H ariditási index, melyet egyszerűsítve a következőképpen számolhatunk ki:

$$H = \frac{1760}{2,5 P}$$

Amibe csak a „P” éves átlagos csapadékösszeget kell behelyettesítenünk. Az így kapott értékeket a 2. táblázat alapján tudjuk kategorizálni.

<b>Nedvességi kategória</b>	<b>Ariditási index</b>
nedves	$H < 0,85$
mérsékeltlen nedves	$0,85 \leq H \leq 1$
mérsékeltlen száraz	$1 \leq H \leq 1,15$
száraz	$H > 1,15$

2. táblázat: Az ariditási index kategóriái, Péczely, 1979 alapján.

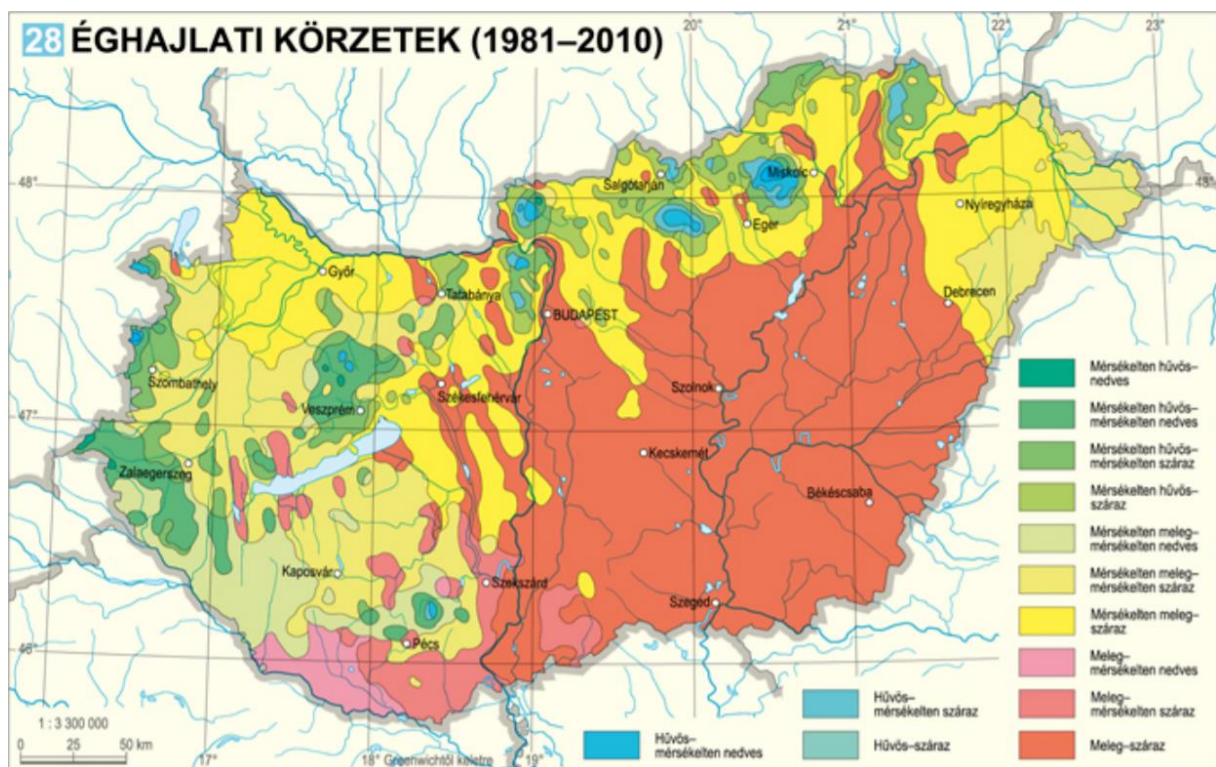
Hőellátottság szempontjából meg kell vizsgálnunk az áprilistól szeptemberig tartó időszak (ami nagyjából a tenyészidőszakkal esik egybe) átlaghőmérsékletét ( $T_v$ ), s így kapjuk meg a két részből álló osztályozás egy-egy hőmérsékleti kategóriáját (3. táblázat).

<b>Hőmérsékleti kategória</b>	<b>A nyári félév átlaghőmérséklete, °C</b>
meleg	$T_v > 17,5 \text{ °C}$
mérsékeltlen meleg	$16,5 \text{ °C} \leq T_v \leq 17,5 \text{ °C}$
mérsékeltlen hűvös	$15 \text{ °C} \leq T_v \leq 16,5 \text{ °C}$
hűvös	$T_v < 15 \text{ °C}$

3. táblázat: A nyári félév átlaghőmérsékletére vonatkozó kategóriák, Péczely, 1979 alapján.



Péczely eredeti munkája alapján a Nyírség és a Felső-Tisza vidék két éghajlati körzetbe sorolható: a terület nagy része a „mérsékelt hűvös-mérsékelt száraz”, míg a déli, délnyugati részei a „mérsékelt meleg-száraz” kategóriába. Az éghajlatváltozás következtében viszont ezek a körzetek is megváltoztak vagy eltolódtak. A bekövetkezett változásokat többen is feldolgozták, például 1971-2000 között (Skarbit, 2014), viszont a dolgozatban egy frissebb feldolgozás eredményeit mutatom be (Bihari, 2018). Az értékelés alapja ugyanaz, tehát Péczely osztályozása, de a vizsgált időszak 1981-2010. Ebben az időszakban már 3 körzetet különíthetünk el a vizsgált térségben (7. ábra). A keleti-délkeleti területek a „mérsékelt meleg-mérsékelt száraz”, a nyugati-délnyugati területek a „meleg-száraz”, míg a közbülső területek a „mérsékelt meleg-száraz” kategóriába sorolhatók. Ezen adatok alapján is érzékelhető, hogy a térség nagymértékben melegedett (enyhén hűvösből enyhén meleg lett) illetve, hogy a száraznak nevezett területek nagyobb arányban fordulnak elő.



7. ábra: Magyarország éghajlati körzetei Péczely osztályozása szerint (1981-2010-es klímaidőszakra vizsgálva) [Forrás: Bihari, 2018]

Egy újabb éghajlati osztályozás, amit a területen alkalmazhatunk a (Feddema, 2005) által megalkotott kategorizálás. Ez a Thornthwaite-féle osztályozás (Thornthwaite, 1948) egy továbbfejlesztett verziója, amelyben a csapadék és a PET (potenciális evapotranszspiráció) szerepel. Ezen felül az évszakos változékonyság leírásához is egy külön index tartozik. Mivel Feddema osztályozása Köppenhez hasonlóan globális, ezért olyan kis területű ország esetén, mint Magyarország, kevés eltérést tapasztalhatunk országrészeink között. Magyarország térségére Ács et al. (2015) mezoskálájú Feddema-osztályozást készítettek. Itt Péczelyhez hasonlóan több kisebb terület különíthető el, ha az osztályozás paramétereit finomabb intervallumokon vizsgáljuk. A munkában vizsgált két 30 éves klímaidőszakból az 1971-2000-ig tartó intervallumot választottam ki. Ha Feddema eredeti osztályozásával vizsgálódunk, akkor országunk összesen két kategóriába sorolható: hűvös száraz, illetve hűvös nedves területek. Az évszakos változékonyság szempontjából az egész ország területén a hőmérsékleti változékonyság magas. Ha megnézzük a mezoskálájú változatot, akkor az ország területén több, jól elkülönülő térség jelenik meg. A dolgozat témája miatt számomra az északkeleti régió éghajlati körzetei voltak érdekesek. A globális osztályozást nézve hűvös-száraz, míg a mezoskálájú osztályozás mellett hűvös-mérsékeltlen száraz területként találhatjuk meg a térséget. Mindkét esetben egyértelműen a hőmérsékleti változékonyság dominál.

### **3. Az éghajlat vizsgálata a közelmúltban, hőmérsékleti és csapadékadatok segítségével**

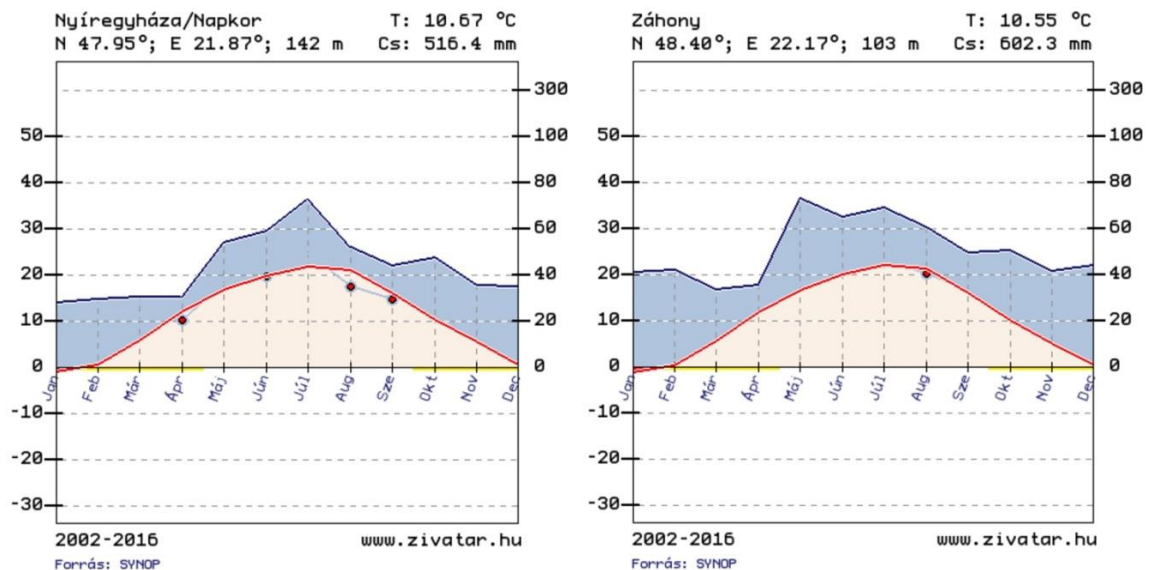
#### **3.1 A mérőállomások bemutatása és a felhasznált adatsorok**

A múltbeli éghajlat vizsgálatához két SYNOP állomás (Nyíregyháza-Napkor, illetve Záhony) és a CarpatClim adatbázisa állt rendelkezésemre. Jelenleg a záhonyi állomás az Ady Endre utca 7 szám alatt található, 1996. július 26-tól mérnek itt hivatalosan. A hőmérsékletet Vaisala-HMP-35D típusú eszközzel mérik, míg a csapadékot Lambrecht-féle billenőedényes mérőeszközzel. A Nyíregyházán használt műszerek megegyeznek a záhonyiakkal, itt változatlan helyszínen 1992. május 4-e óta folytatnak méréseket. A két állomás adatait 2002-2016 között vizsgáltam, mivel azok 2002-től kezdtek el feldolgozható (szinte megszakítás nélküli és digitalizált) adatsorokat küldeni. A CarpatClim adatbázisa 1961 és 2010 közötti adatokat tartalmaz, így az átfedő 9 évben (2002-2010) összevettem az adatait a SYNOP állomásokéval. Kiegészítésként az egyik rácspontot (amely a legközelebb található Tunyogmatolcs községhez) vizsgáltam 1961-2010 között, majd a SYNOP-pal közös időszakban összehasonlítottam azokkal az állomásokkal is. Záhony és Nyíregyháza-Napkor helyszínekre Walter-Lieth diagramot is készítettem a vizsgált 15 éves periódusra.

#### **3.2 Az éghajlat áttekintése SYNOP adatokból, Walter-Lieth diagramon keresztül**

Elsőként a 15 évet felölelő adatsorból kiszámoltam a két SYNOP állomásra a havi átlaghőmérsékleteket és a havi csapadékösszegeket. Az adatsorokban adathiány is előfordul: Záhonyban 2002-ben az első 5 hónapból nincs csapadékadat, míg Nyíregyházán 2016 június-július hónapokból semmilyen adat nem érkezett. Hőmérséklet terén összességében a két állomás szinte azonos (10,7 °C illetve 10,6 °C) értékkel rendelkezett a vizsgált periódusban. A hőmérséklet éves menete szinte teljesen megegyezik a vizsgált időintervallumban, csupán 0,2-0,3 °C az átlagos eltérés. A maximális eltérés novemberben tapasztalható, ekkor is csak 0,5 °C a különbség a két állomás havi középhőmérséklete között, viszont ez az eltérés szinte minden évben előfordul, így elmondható, hogy Nyíregyházán melegebb a november.

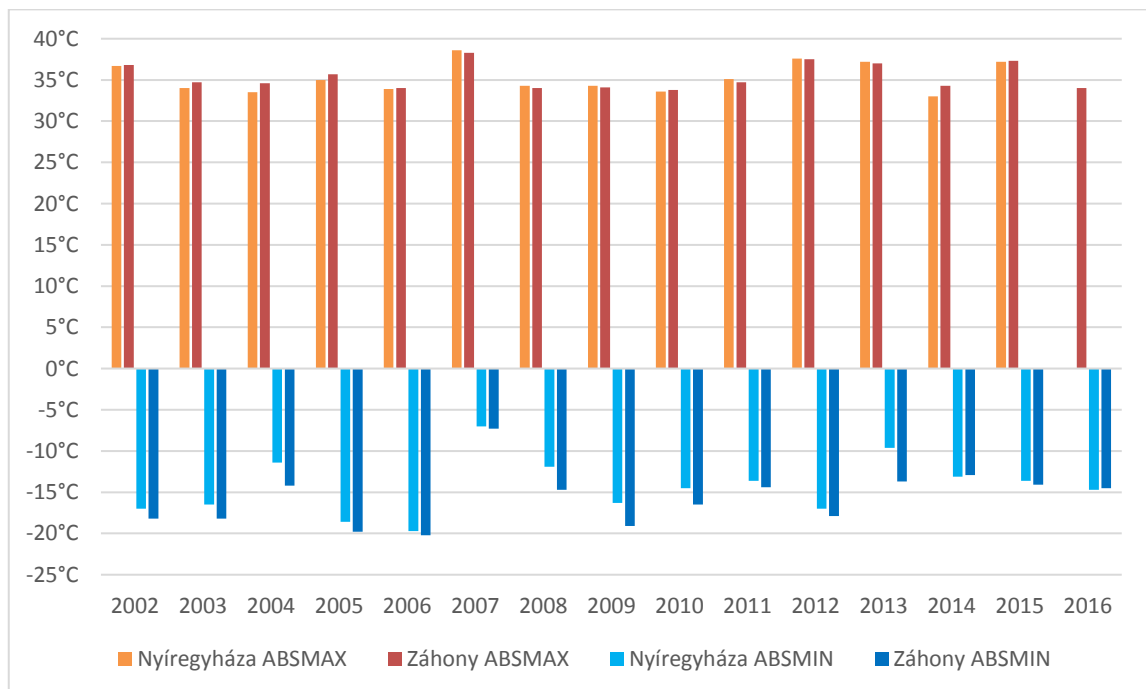
Csapadék terén nagyobb a különbség a két állomás között, mivel az éves átlagos csapadékmennyiség Nyíregyházán 516,4 mm, míg Záhonyban 602,3 mm volt. A legcsapadékosabb év mindkét helyen a 2010-es év, amikor Nyíregyházán 927 mm, Záhonyban 976 mm csapadékot regisztráltak. A legszárazabb év tekintetében már adódnak különbségek. Míg Nyíregyházán a 2011 bizonyult annak 368 mm-rel, addig Záhonyban a 2015-ös év 416 mm csapadékkal. Emellett a nyíregyházi állomáson 2003-ban, 2012-ben és 2015-ben is igen kevés csapadék hullott (369 mm, 382 mm illetve 376 mm). Az alább található Walter-Lieth diagramon (8. ábra) látható, hogy a csapadék mennyisége és eloszlása terén van különbség. Míg Nyíregyházán júliusban található a maximum, addig Záhony állomáson májusban. A csapadék átlagos éves mennyisége majdnem 90 mm-rel több az északabbi településen. Záhonyban csak az augusztus hónap hajlamos gyengén aszályra, Nyíregyházán az augusztus mellett a szeptember, április és június is ilyen hónap.



8. ábra: Walter-Lieth klímadiagram a két SYNOP állomásról, a vizsgált időszakban (2002-2016)  
Forrás: [4-Zivatar.hu]

### 3.3 Hőmérsékleti adatsorok feldolgozása

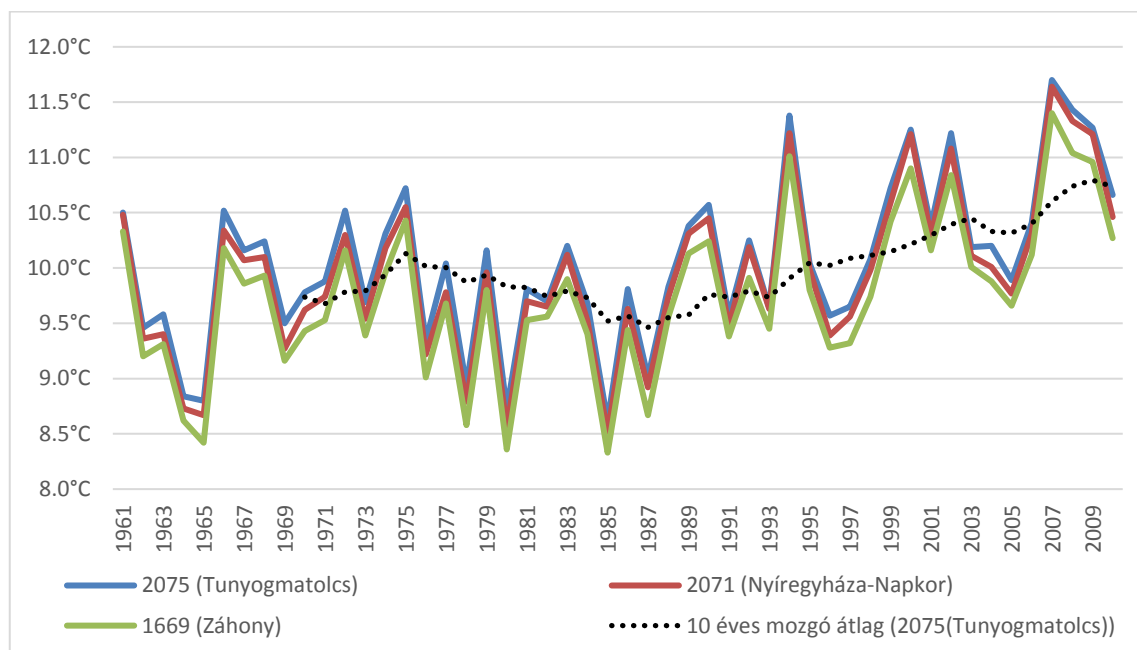
Ezt követően a nyíregyházi és záhonyi adatsorokból 2002-2016 között megnéztem minden évre az abszolút éves maximum- és minimumhőmérsékleteket (9. ábra). Az éves abszolút maximumok 33-38,6 °C között alakultak a vizsgált időszakban. A legmagasabb hőmérsékleteket mindkét állomáson egyaránt 2007-ben regisztrálták, ekkor 38 °C fölött alakult a hőmérséklet a legmelegebb napon. Hasonló (37 °C fölötti értékeket) 2012-ben, 2013-ban illetve 2015-ben mértek a megye két SYNOP állomásán. 36 °C fölötti éves abszolút maximum ezenkívül 2002-ben fordult elő. Ezek alapján elmondható, hogy az elmúlt években többször találkozhattunk eddig extrém magas értékkel. A minimumok – 20,2 és –7 °C között alakultak a vizsgált 15 éves periódusban. A legenyhébb év itt 2007, amikor Nyíregyházán csak –7 °C volt a leghidegebb napon (Záhonyban –7,3 °C). A legzordabb viszont az ezt megelőző évben, 2006-ban volt, amikor Záhonyban –20,2 °C-ot regisztráltak (Nyíregyházán –19,7 °C). Hasonlóan hideg (–17 °C-nál alacsonyabb) volt még 2002-ben, 2003-ban (csak Záhonyban), 2005-ben, 2009-ben (szintén csak Záhonyban) és 2012-ben. Összességében elmondható, hogy a maximumértékek általában jobban megegyeznek (1 °C-on belüli eltérés), míg a minimumoknál Záhonyban szinte mindig alacsonyabbak az értékek (kivéve 2014 és 2016), köszönhetően az északabbi elhelyezkedésnek, mivel hidegbetöréseknél ott jobban lehűl a levegő.



9. ábra: Az éves abszolút maximumok és minimumok alakulása Nyíregyháza-Napkor és Záhony állomásokon 2002 és 2016 között. Az utolsó évben Nyíregyházán adathiány miatt nem szerepel érték.

Ezután a CarpatClim adatbázisból koordináták alapján kiválasztottam a Tunyogmatolcs községhez legközelebb található rácspontot. Választásom az É 48°; K 22,4° koordinátájú (2075-ös számú) rácspontra esett, melynek tengerszint feletti magassága 107 méter. Az adatokat 1961-től 2010-ig éves bontásban dolgoztam fel, illetve az összehasonlíthatóság érdekében 2002 és 2010 között havi bontásban is. Az 50 év éves középhőmérsékleteiből vonaldiagramot készítettem, melyhez 10 éves mozgó átlagot rendeltem, majd az ábrát kiegészítettem Záhonyt és Nyíregyházát reprezentáló CarpatClim rácspontok adataival, a vizsgált időszakból (10. ábra). A hőmérsékleti értékek 8,6 °C és 11,7 °C között alakultak a vizsgált periódusban, míg a mozgó átlag 9,4 és 10,8 °C között. 1976 és 1988 közti hűvösebb időszakban a hőmérsékleti értékek rendre 10 °C alatt alakultak, de ezután egyértelmű melegedés kezdődött, mely 2007-ben tetőzött, így a mozgó átlag is megközelítette a 11 °C-ot.

Vizsgáltam továbbá CarpatClim adatbázisból kiválasztott három rácspontban az évi középhőmérsékleteket úgy, hogy az 1961 és 2010 közötti időszakot két 30 éves periódusra bontottam. Az első periódus 1961–1990-ig, a második 1981–2010-ig tartott. Ha az egész 50 éves időszakot nézzük, Tunyogmatolcs a legmelegebb a három pont közül, Záhony a leghidegebb, Nyíregyháza pedig a két pont középhőmérséklete között található. Az első 30 éves periódusban megfigyeltem, hogy a grafikonra illesztett lineáris trendek negatívak, tehát az időszakban enyhén csökkenő tendenciát mutattak az éves középhőmérsékletek ( $-0,2$  °C/30 év). A második 30 éves periódus teljesen más képet mutat, itt a hőmérsékletekben melegedő tendencia figyelhető meg. A három adatsor mindegyikén a lineáris trend értéke kb.  $1,5$  °C/30 év. Az éves középhőmérsékletek többször megközelítik és átlépik a 11 °C-os értéket. A legmelegebb év a teljes időszakban is ebben a 30 éves időintervallumban található, 2007-ben Tunyogmatolcson és Nyíregyházán  $11,5$  °C fölötti, Záhonyban kevéssel ez alatti értéket olvashatunk le.



**10. ábra: Az éves középhőmérsékletek a CarpatClim-ből választott 3 rácspontban 1961 és 2010 között, illetve a tunyogmatolcsi pont 10 éves mozgó átlaga.**

Utolsó lépésként az átfedő időszakban (2002-2010) vizsgáltam a két SYNOP állomás, illetve a CarpatClim-ből nyert 3 rácspont (1669-Záhony, 2071-Nyíregyháza-Napkor, 2075-Tunyogmatolcs) havi középhőmérsékleteit, majd ezeket hasonlítottam össze. A 9 éves periódusban a legmelegebb pont Tunyogmatolcs volt 10,7 °C-kal, míg a két záhonyi adat (SYNOP és CarpatClim) egyaránt 10,4 °C volt. A nyíregyházi adatoknál viszont elsőre meglepő eredményt kaptam, mivel a SYNOP és a CarpatClim értékei nem egyeztek (előbbi 10,4 °C, utóbbi 10,6 °C volt). Ennek okát a CarpatClim adatbázis készítésénél végzett interpolációban kereshetjük. A hideg, illetve meleg szélsőértékeknél szintén kismértékű eltérések tapasztalhatók, az előbb említett okokból. A legmelegebb hónap az időszakban 2002 júliusa volt minden állomáson, ekkor a CarpatClim adatai szerint 23,1-23,3 °C volt, míg a SYNOP állomások ezektől pár tized °C-kal eltérő értékeket adtak (22,9 °C – Nyíregyháza-Napkor, 23,9 °C – Záhony). A leghűvösebb hónap tekintetében már nem teljes az egyezés az adatok között. Tunyogmatolcson és Nyíregyháza/Napkoron 2003 februárja bizonyult a leghidegebbnek (Tunyogmatolcs: –5,1 °C, Nyíregyháza-CarpatClim: –4,8 °C illetve Nyíregyháza-SYNOP: –5 °C), Záhonyban 2006 januárja volt a leghidegebb hónap. Ekkor a SYNOP –5,1 °C-ot regisztrált, a CarpatClim adatbázisba pedig –4,7 °C került. Összességében elmondható, hogy az öt adatsor szinte teljes mértékben korrelál, minimális eltérések a földrajzi helyzetből, és az interpolációból adódnak.

### 3.4 Csapadékadatok feldolgozása – szélsőségek

A megye területén a csapadék eloszlása változatos, az egymást követő években is lehetnek nagy különbségek, de átlagosan 400-700 mm csapadék várható éves szinten. Kiemelkedik az adatsorokból a 2010-es év (mely a legcsapadékosabb év országos szinten is a mérések kezdete óta), ekkor 900-1100 mm csapadékot regisztráltak. Jellemző még, hogy a nagyobb évi csapadékösszeg a keleti határszélen (Erdőhát térségében) fordul elő, a legkevesebb pedig Nyíregyháza környékén és a megye középső területein. Először az országos szinten is kiemelkedő csapadékrekordokat vizsgáltam a térségből. Az elmúlt években találunk pozitív és negatív rekordokat (havi csapadékmennyiségek) illetve a 24 óra alatt lehullott maximális csapadék terén is kiemelkedő értékek fordultak elő. A pontos adatok a következő felsorolásban találhatóak:

- Havi minimális csapadékösszeg:
  - 2014. április: **8,5 mm**, Szamosbecs-Csenger
  - 2014. június: **3,0 mm**, Vásárosnamény
  - 2014. szeptember: **9,0 mm**, Fehérgyarmat
  - 2018. augusztus: **6,2 mm**, Aranyosapáti
  
- Havi maximális csapadékösszeg:
  - 2013. március: **194,0 mm**, Gacsály
  - 2017. augusztus: **148,0 mm**, Csaroda
  - 2017. december: **135,1 mm**, Tiszabecs
  
- 24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
  - **59,6 mm** Nyíregyháza-Napkor, 2012. június 12.
  - **48,7 mm** Kemece, 2013. február 2.
  - **90,0 mm** Szamosbecs-Csenger, 2015. május 25.
  - **89,9 mm** Nyírmada, 2017. május 12.
  - **97,4 mm** Nyíregyháza-Sóstó, 2017. június 6.
  - **92,2 mm** Csaroda, 2017. augusztus 12.



A fenn említett adatok a Léggör c. lap összefoglalói (Vincze, 2012; Vincze, 2013; Rajhonáné Nagy, 2013; Vincze és Kovács, 2014; Fülöp, 2014a, 2014b; Hoffmann, 2017; Bíróné Kircsi, 2017, 2018a, 2018b) és az OMSZ hivatalos mérései [3-OMSZ] alapján kerültek a dolgozatba. A megyében az elmúlt években a szárazság, illetve a hirtelen lehulló tetemes mennyiségű csapadék is jelen volt. A szárazságot jelző havi minimális csapadékösszegek főleg a 2014-es rekord meleg évben fordultak elő, ekkor 3 hónapban (április, június, szeptember) is 10 mm alatt maradt a havi csapadékösszeg a megye különböző helyein (viszont ezek a mérések a csapadék változékony térbeli eloszlása ellenére is jól reprezentálták a térségben az aszályt). Havi maximális csapadékösszeget, ami országos szinten is rekord magas volt, 2013-ban és 2017-ben regisztrálhattunk, ekkor több mint 100 mm hullott le a terület keleti részén. A 24 órás maximális csapadékok általában heves konvektív eseményeket jeleznek, melyek lokálisan akár az átlagos havi csapadékösszeggel megegyező nagyságrendű csapadékot hagynak maguk után. Szép példa arra, hogy ez nem csak nyáron fordulhat elő, a 2013. február 2-i 48,7 mm csapadék, melyet Kemeccsén mértek. A jövőben ezek gyakoriságának növekedésére számíthatunk (Kis, 2013). Példaként láthatjuk, 2017-ben májusban, júniusban és augusztusban is közel 100 mm hullott le egy-egy nap alatt a régió egyes részein.

A csapadék szélsőségeinek elemzését elvégeztem a két SYNOP állomáson is 2002 és 2016 között. A hőmérsékleti adatsorokhoz hasonlóan itt is találunk adathiányt: Záhonyban 2002 első 5 hónapjából, míg Nyíregyházán 2016 június-július hónapjaiból nem érkezett adat. Ebben az időszakban az általam extrém száraznak (havi csapadékmennyiség kevesebb, mint 5 mm) illetve extrém csapadékosnak (havi csapadékösszeg nagyobb, mint 100 mm) ítélt hónapokat emeltem ki. Az első kategóriában Záhonyban 4 ilyen hónap szerepelt (2011. november, 2012. március, 2012. augusztus, 2013. december), a legkevesebb havi csapadék (1,2 mm) 2011 novemberében hullott az állomáson. Nyíregyházán 10 ugyanilyen hónap volt (ami tükrözi a megye ezen területének szárazabb voltát). A tíz extrém száraz hónapból három 2012-ben volt, viszont a legkevesebb havi csapadékmennyiséget (0 mm) 2007 áprilisában mérték. A második, extrém csapadékos kategóriából Záhonyban 14 hónap volt a vizsgált 15 évben, ebből három 2010-ben (ami a legcsapadékosabb év volt a megyében a mérések kezdete óta). Az extrém csapadék éven belüli eloszlását jól szemlélteti, hogy a 14 esetből 2 történt májusban, 2 októberben, az

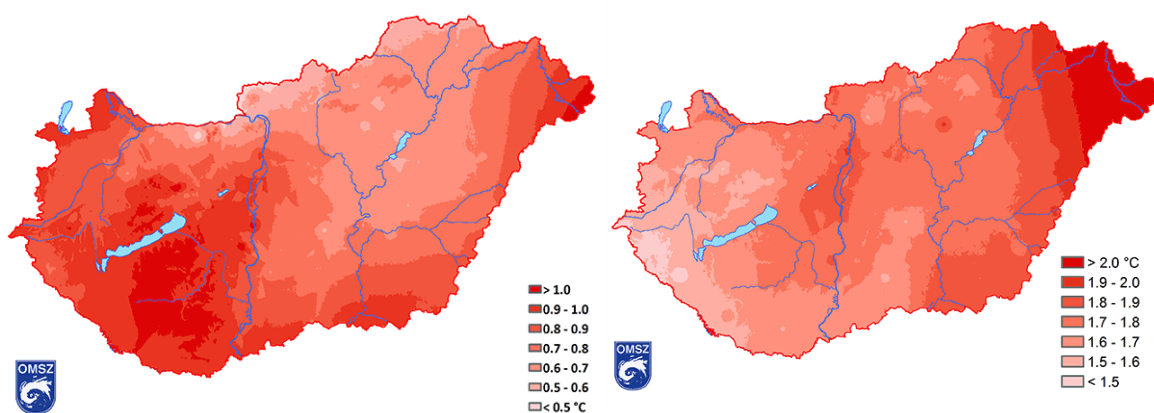
összes többi eset a nyár során. Az abszolút havi csapadékösszeg-maximum (183,5 mm) 2006 augusztusában hullott Záhonyban. Nyíregyházán 8 extrém csapadékos hónap volt, viszont itt regisztrálták a hét év alatt a legnagyobb havi csapadékösszeget (217,4 mm, 2010. július). Ezen 15 évet felölelő időszak alapján is szemléltethető az a trend, miszerint Záhonyban kevesebb az aszályos időszak, mint Nyíregyházán (ahol előfordulhat csapadékmentes hónap is), viszont szélsőségesen nagy havi csapadék előfordulása utóbbi állomáson valószínűbb.

### **3.5 Az éghajlati feldolgozás kiegészítése a 2017-es és a 2018-as év meteorológiai áttekintésével**

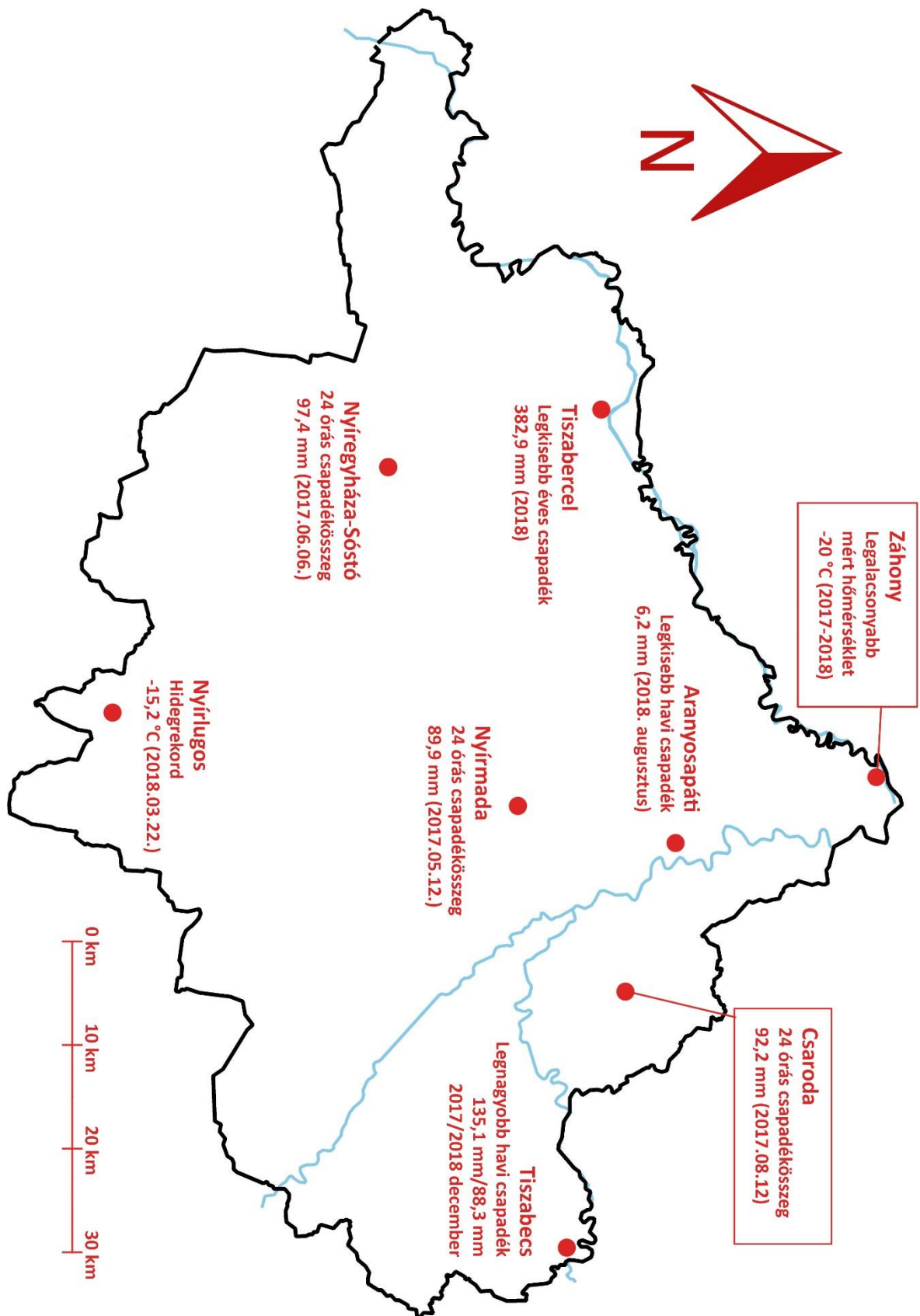
A feldolgozást a két SYNOP állomás és az OMSZ havi összefoglalói alapján végeztem. Fontosnak tartottam elvégezni az áttekintést az elmúlt két évre is, mivel rengeteg szélsőséges értéket találhatunk, illetve 2018 a legmelegebb regisztrált év a területen a mérések kezdete óta (11. ábra). A megye területén bekövetkezett időjárási rekordokat az említett időszakra a 12. ábra mutatja be. 2017 januárja rendkívül hideg volt, a területen a havi átlag  $-5\text{ °C}$  alatt alakult. A leghidegebb napon Nyíregyházán  $-16,7\text{ °C}$ -ot, míg Záhonyban  $-20\text{ °C}$ -ot mértek. A február a területen  $2-3\text{ °C}$ -kal volt melegebb az átlagosnál, de a tél átlaghőmérséklete így is negatív anomáliával zárult. 2017 márciusa a 2. legmelegebb volt a mérések kezdete óta, emellett száraz időjárás köszöntött be. Az április kissé hűvösebb, a május már melegebb volt, így a tavasz hőmérsékleti anomáliája a területen mindenhol meghaladta az  $1\text{ °C}$ -ot. A nyár összességében  $1-1,5\text{ °C}$ -kal volt melegebb az referenciaidőszaknál, viszont országos szinten a keleti régióban található az alacsonyabb értékeket. Ennek oka, hogy a július rendkívül hűvösnek bizonyult, illetve a nyár folyamán a térségben hullott a legtöbb csapadék az egész országban ( $>200\text{ mm}$ ). Az augusztus eleji hóhullám idején a vizsgált állomásokon „csupán”  $36\text{ °C}$  fölötti maximum értékeket mértek (augusztus 4.). Az ősz kicsivel átlag fölötti értékkel rendelkezik, a terület nagy részén  $0,5\text{ °C}$ -nál kisebb a hőmérsékleti anomália. Kivételt képez ez alól Csenger térsége, ahol  $1\text{ °C}$ -ot meghaladó anomáliát regisztráltak. Az év utolsó hónapjában a legtöbb csapadék Magyarországon belül a megyében, Tiszabecsen hullott, ahol  $135\text{ mm}$ -t regisztráltak. Ezen felül a keleti régió közel  $3\text{ °C}$ -kal volt melegebb az átlagosnál. Összességében 2017 jóval csapadékosabb év volt a térségben, ez az oka főleg, hogy az ország többi részétől a hőmérsékleti anomália terén elmarad. Csupán a keleti-délkeleti részek

(Csenger környéke) rendelkeztek országos szinten kiemelkedő +1 °C-ot meghaladó hőmérsékleti anomáliával.

2018 tele enyhének és csapadékosnak bizonyult a területen, az átlaghőmérséklet 2 °C-kal haladta meg az 1981-2010-es normálidőszak átlagát, de a keleti határszélen ez az érték túlszárnyalta a 2,5 °C-ot is. A tavasz első hónapja hűvösebbnek bizonyult, rengeteg csapadékkal, majd az eddigi legmelegebb áprilist tudhattuk magunk mögött, amely emellett száraz is volt a területen. A május is melegebb volt az átlagosnál: a tavasz a Nyírségben 1,9-2,4 °C-kal haladta meg a normálidőszak átlaghőmérsékletét. A nyár igazán aszályos volt, egyes területeken kevesebb mint 100 mm hullott évszakos átlagban. Jól jelzi továbbá a csapadék hiányát a tény, hogy augusztusban Aranyosapátiban csupán 6,2 mm csapadékot regisztráltak. A hőmérséklet terén a télhez és tavaszhoz hasonlóan kb. 2 °C-kal volt melegebb a térség az átlagosnál. Augusztus hónap országosan is a negyedik legmelegebb volt a mérések kezdete óta. A magas hőmérsékleti anomália az őszre is jellemző (+2 °C), mivel a 2. legmelegebb őszt jegyezhetjük fel. Csapadék terén sokkal szárazabb volt az évszak, októberben jelentősen alacsony mennyiség hullott a területen. Az év utolsó hónapja kicsivel melegebb volt az átlagosnál (<1 °C), viszont az ország legcsapadékosabb területei közé tartozott decemberben – a tavalyi évhez hasonlóan – a térség keleti része. Összességében 2018 volt a mérések kezdete óta regisztrált legmelegebb év, a terület egészén 11 °C fölött alakult az éves átlaghőmérséklet, de a térség több mint 50%-án 12 °C fölött. Ennek eredményeképpen a hőmérsékleti anomália +2 °C-ot meghaladó értéket ért el, amely példátlan volt országosan.



11. ábra: Az évi középhőmérséklet eltérése az 1981-2010-es normáltól 2017-ben (bal) és 2018-ban (jobb). Látható, hogy mindkét évben a térségben a legnagyobb a pozitív hőmérsékleti anomália, 2018-ban sokkal drasztikusabban és egyértelműen az ország északkeleti régiója tért el jobban az átlagostól.



12. ábra: A 2017-es és 2018-as év meteorológia szélsőségei Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén. Az adatok forrása az OMSZ [3-OMSZ], az ábra saját készítésű.

## 4. Klímamodellezési vizsgálatok

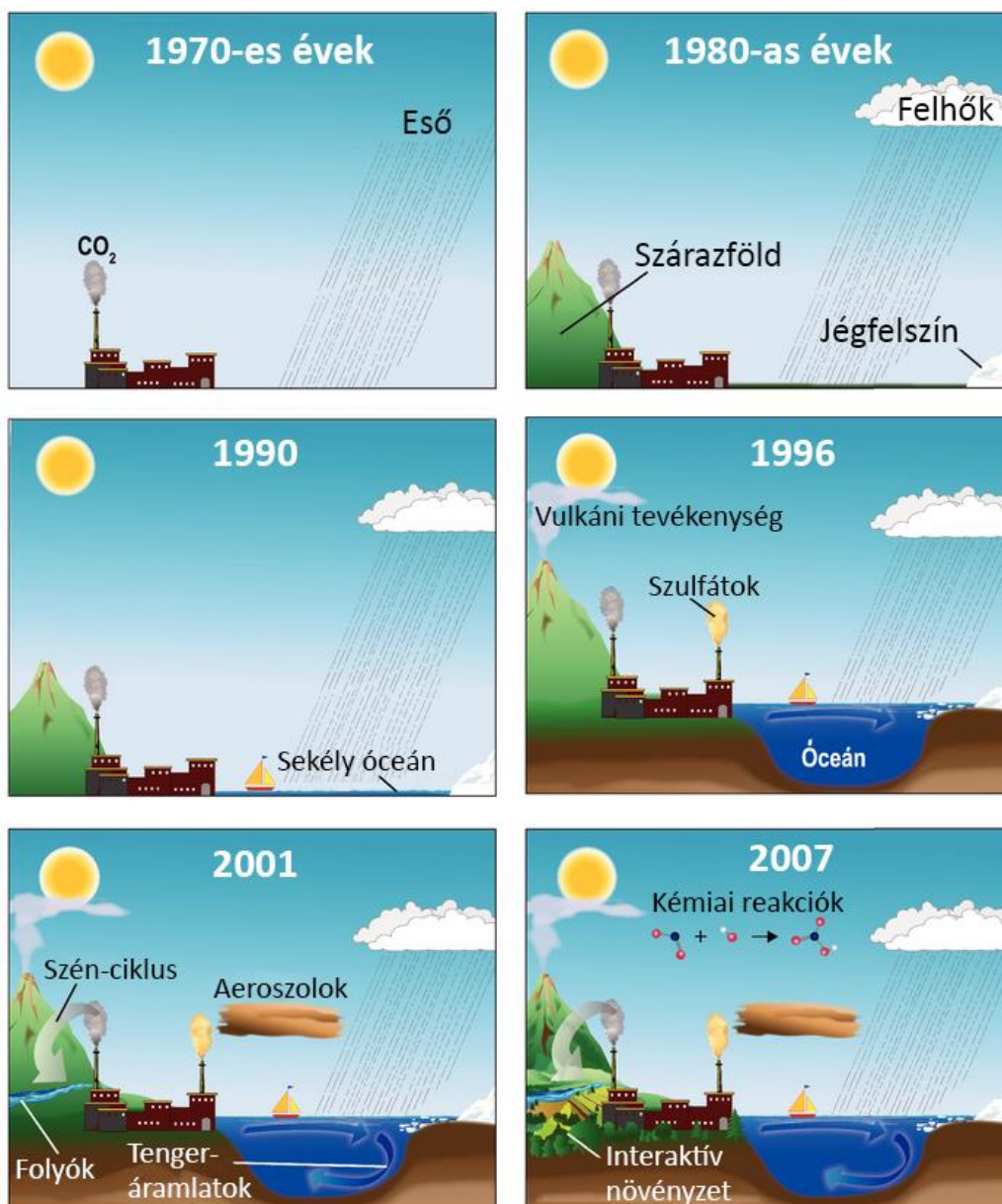
A megye múltbéli éghajlatának bemutatása után a jövőre fókuszáltam, mivel a modelleredmények további változásokat prognosztizálnak. A modelleredmények alapján a hőmérséklet szinte biztos emelkedése mellett, bizonytalan változás várható a csapadék terén. Egy regionális klímamodellt használva kiválasztottam a referenciaidőszakot (1971-2000), majd ehhez hasonlítottam a jövőben két 30 éves periódust (2021-2050, illetve 2071-2100). Mindezek előtt egy rövid összefoglalást végeztem a klímamodellezés elmúlt három évtizedéről, áttekintve a fejlődést és néhány hazai eredményt is.

### 4.1 A klímamodellezés elmúlt harminc évének rövid áttekintése

Az első számítógépes prognózisok megjelenése óta eltelt közel 60 évben rengeteg fejlődésen ment keresztül a modellezés, azon belül a klímamodellezés, köszönhetően a számítástechnika rohamos fejlődésének. A történelmi áttekintést 1988-ban kezdem, mivel ekkor alakult meg az IPCC<sup>1</sup>. Az egyik legnagyobb nemzetközi tudományos összefogás keretein belül több munkacsoport évekig dolgozik a kiadott jelentéseken. Az első ilyen jelentést 1990-ben adták ki (Első Értékelő Jelentés) (IPCC, 1990), azt mintegy 6-7 évente követték továbbiak, a legutolsó a 2014-ban megjelent Ötödik Értékelő Jelentés (IPCC, 2014). A klímaváltozás megértése érdekében futtatott globális (GCM) és regionális (RCM) klímamodellek eredményei képezik nagyrészen az összefoglalók alapját. Az elmúlt 30 évben rengeteg fejlődés és változás történt a modellek terén. A legfontosabb ok a számítási kapacitás növekedése, amely összetettebb modellezést tesz lehetővé, illetve csökkenti az integrálási időt is. A másik ok, hogy az információáramlás felgyorsulásával nemzetközi összehasonlítások történhettek, az esetleges hibák kijavítása, új ötletek beépítése gyorsabban zajlott. A GCM-ek (amelyek több éghajlati alrendszerből, azok kölcsönhatásaiból tevődnek össze) fejlődése jelenleg is tart (13. ábra). A kezdeti 100-400 km-es rácsfelbontás akár 10 km-ig is csökkenhet (Hay et al., 2006) (amely jelenleg egy regionális klímamodell jellemző rácsfelbontása). Az egyre jobb számítógépeknek köszönhetően még több kölcsönhatást építhetünk be a modellekbe, jó példa lehet erre a jövőben a bioszféra pontosabb modellezése. Ezen felül a rácspontok közötti, avagy szub-grid folyamatok parametrizációja is egyre pontosabb. A legnagyobb bizonytalanságot az emberi tevékenység meghatározása szabhatja a modelleknek.

---

<sup>1</sup> IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change: Éghajlatváltozási Kormányközi Testület



13. ábra: A globális klímamodellekben létrehozott Föld-rendszer fejlődése. A kezdetben nagyon egyszerű modellek egyre bonyolultabbá váltak, egyre több mindent építettek bele a készítők. A legújabb modellekben már megjelentek a légköri aeroszolok és a köztük lejátszódó kémia, amely a levegőkémia tudományágán keresztül nagyon fontos részévé vált a meteorológiának.  
 Forrás: IPCC AR4, Fig 1.2 (Fordította: Mikes M.)

1990 előtt idealizált légköri szimulációkkal próbálták modellezni az emberi tevékenységet, majd az időfüggő éghajlati szimulációk megjelenésével ezek háttérbe szorultak. Ilyen például az IPCC első jelentésében megtalálható üvegházhatású gázok antropogén eredetű kibocsátása. 1992-ben jelentek meg az IS92(a-f) scenáriók, melyek társadalmi és gazdasági alapokon nyugodtak (Leggett et al., 1992). Ezek hamar elavulttá váltak, mivel például nem számoltak a kén-dioxid csökkentésére vonatkozó sikeres intézkedésekkel. A következő és egyben talán legismertebb IPCC scenáriók 8 év múlva

jelentek meg (Nakicenovic & Swart, 2000). Itt találkozhatunk az A1, A2, B1, B2, A1B jelű klímaszcenáriókkal, de összesen 40 forgatókönyv készült el, amelyet összefoglalóan SRES-nek<sup>2</sup> neveznek. Az „A” betűvel kezdődők egy globalizált világképet festenek le, ahol a gazdasági fejlődés az első, így ezek a pesszimistábbak. Hogyha a „B” jelűeket nézzük, ott a környezetvédelem erősebb szerephez jut, így ezek a projekciók zöldebbek, optimistábbak. Az A1B egy kiegyenlítettebb képet fest le, melyet széleskörűen alkalmaztak a közelmúltban több globális/regionális klímamodellben. A scenáriókhöz tartoznak 2100-ban várható CO<sub>2</sub> koncentráció értékek is (IPCC, 2001), amely például a pesszimista „A2” esetben 856 ppm, az A1B esetében 717 ppm, míg az optimista „B2” esetén 621 ppm. Az idő múlásával ezek a forgatókönyvek is háttérbe szorultak, a legújabb módszer az emberi tevékenység modellezésére az RCP-k<sup>3</sup> által meghatározott (Moss et al., 2010). Az IPCC legújabb, 5. jelentésében (IPCC, 2014) már ezt használják a várható változások leírására. Lényege, hogy a létrehozott négy emissziós-út a század végére (2100) mekkora sugárzási kényszert okoz pluszban (mértékegység: W/m<sup>2</sup>). A pathway (nyomvonal, útvonal) kifejezés hangsúlyozza, hogy az RCP-k feladata elsősorban a légkörben található üvegházhatású gázok koncentrációváltozásának időbeli leírása. Ez azt jelenti, hogy nem csak a végeredményként kapott koncentrációértékek, vagy az elért sugárzási kényszer értékei számítanak, hanem az a folyamat (út) is, aminek a végeredménye az adott sugárzási kényszer. A legoptimistább az RCP 2.6, míg a legpesszimistább az RCP 8.5, ahol a CO<sub>2</sub> légköri koncentrációja meghaladja az 1000 ppm-t még a 21. század vége előtt.

A globális modellek eredményei alapján közepes A1B scenárió mellett is egyértelmű, szignifikáns változás várható a kontinens átlaghőmérsékletében (Bartholy et al., 2011). A század közepéig a térségünk minimum 2 °C-kal melegedhet, nyáron erősebb a változás mértéke. 2100-ig akár 4 °C-kal is nőhet az átlaghőmérséklet. Csapadék terén nem szignifikáns a változás, de a globális modellek egyetértenek abban, hogy Észak-Európa csapadékosabbá válik, míg Dél-Európa szárazabbá. Az olyan átmeneti zónában, mint amilyenben hazánk is található, télen csapadéknövekményre, míg nyáron súlyos aszályokra készülhetünk. A csapadék intenzitásának növekedését is előrevetítik a modelleredmények. Térségünkben a téli áradások esélye megnő, a terméshozamok évről

---

<sup>2</sup> SRES - Special Report on Emission Scenarios: Kibocsátási Forgatókönyvek Tematikus Jelentése

<sup>3</sup> RCP - Representative Concentration Pathways: Jellemző Koncentrációs Útvonalak

évre nagyon változékonyak lehetnek, emellett több hőhullám és természetes bozóttűz várható. Fontos megemlíteni, hogy minden szimulációnk bizonytalansággal terhelt, amely adódik a belső változékonyságból, a használt klímaszcenárióból és magából a modell felépítéséből. Ezeknek a tényezőknek az egymáshoz viszonyított arányát (Hawkins & Sutton, 2009) munkája tárgyalja a Föld különböző részeire.

A globális klímamodellek túl nagy számításigénye és a felbontásuk durvasága szükségessé tette leskálázási módszerek, mint például a dinamikus leskálázás (regionális klímamodellezés) megjelenését. Az első ilyen kísérlet (Giorgi, 1990) nevéhez fűződik. A globális modellek terén a fejlődést biztosító tényezők ezen a téren is segítettek a haladást. Az RCM-ek előnye, hogy sokkal kisebb térskálára adnak képet a jövőre, ami fontos olyan régiókban, ahol a domborzat, vízrajz, lokális tényezők indokolják a finomabb rácsfelbontást. Ezen felül a szélsőségek leírása sokkal pontosabb, míg az átlagos értékek nem mondanak ellent a globális modelleknek (Giorgi, 2001). Tovább javíthatók az eredmények a parametrizációs sémák finomításával, olyan fizikai folyamatok pontosabb beépítésével, amik például 10 km-es rácsfelbontás esetén már nagyobb szerephez jutnak.

Az elmúlt 20 évben több fontos regionális klímamodellel kapcsolatos program jött létre. A 2001-2004-ig futó PRUDENCE keretein belül a 2071-2100 közötti időszakra végeztek modellezést A2 és B2 szcenáriókkal (Christensen & Christensen, 2007). 2004 és 2009 között az ENSEMBLES-ben már 1951-2100-ig készítettek folyamatos futtatásokat, A1B szcenárióval (van der Linden & Mitchell, 2009). A legújabb regionális klímamodell együttműködés Európában az EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014). Itt már az új RCP-szcenáriókat használva, 12 km-es rácsfelbontással végeztek futtatásokat 2006-2100-ig. Készült összehasonlítás is, amely az ENSEMBLES és a CORDEX eredményeit veti össze (Kotlarski et al., 2014). A két projekt nem teljesen ugyanazzal az adatbázissal lett meghajtva és nem ugyanarra az időszakra készültek, viszont az eredmények nagyon hasonlóak, a hőmérsékleti hiba mértéke például a CORDEX esetében kisebb, tehát bízhatunk az RCM-ek további fejlődésében a következő években is.



#### 4.1.1 A klímamodellzés előzményei hazánkban

Magyarországon négy regionális klímamodellt futtattak: az OMSZ-ban az ALADIN-t (Horányi et al., 2006) az 1960-2100 közötti időszakra, 10 km rácsfelbontással az A1B scenárióval, valamint a REMO-t (Szépszó, 2014), amely 25 km-es rácsfelbontása mellett 1951-2100-ig futott, az ALADIN-hoz hasonlóan A1B scenárióval. A PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies) modellnek 25 km a felbontása, 1961-1990 és 2071-2100 közötti időszakra készült futtatás az A2 és B2 forgatókönyvekkel, valamint az A1B scenárióval 1951-2100-ig (Pieczka, 2012). A negyedik a RegCM regionális klímamodell, amelynek a felbontása 10 km, a magyarországi adaptációja (Torma et al., 2008) által történt, amelynek köszönhetően például a Kárpát-régióban a modell egy korábbi verziójával tapasztalható jelentős csapadék-felülbecslést sikerült kiküszöbölni. A modellt ekkor még A1B scenárióval futtatták, a dolgozatban később én már egy RCP forgatókönyvvel készített szimulációt vizsgálok. Ezen felül több együttműködés is létrejött az elmúlt években: a NATÉR (Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer) 2013-ban vette kezdetét (Sábitz et al., 2015), illetve az RCMTÉR (A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati scenáriók a Kárpát-medence térségére) 2014-2016-ig tartott, melyeknek keretein belül az ALADIN és RegCM modellek már az új RCP scenáriókkal futottak. Jelenleg az OMSZ-ban a KlimAdat projekt részeként az ALADIN és a REMO modellekkel végeznek RCP alapú futtatásokat.

Az RCM-ek eredményeit az ALADIN, REMO és PRECIS modellekre mutatom be a század közepére (2021-2050) és a század végére (2071-2100). Előljáróban elmondható, hogy mindegyik modell egyetért az átlaghőmérséklet szignifikáns növekedésében, míg a csapadék terén megosztóbbak a modellek. Az ALADIN egyértelműen a keleti országrészben vár nagyobb mértékű hőmérsékletváltozást az országon belül. 2050-ig 2 °C-kal növekedhet az átlag, míg 2100-ig nagy biztonsággal 3 °C-kal, akár 4 °C-kal is egyes helyeken. A nyári növekmény mindenhol meghaladja majd a többi évszakét. A hideg szélsőségek (fagyos napok száma) jelentősen csökkenhetnek, míg a nyári és hőségnapok száma növekedni fog. Csapadék terén nyáron várható csökkenés mindkét időszakban, ezen kívül nem egyértelmű a paraméter változása. A PRECIS modell eredményei alapján 2,6 °C-os növekedés várható a század közepéig hőmérséklet terén, majd 2100-ra az érték már 4 és 5,4 °C között változhat, scenáriótól függően (Pieczka, 2012). A havi átlagos

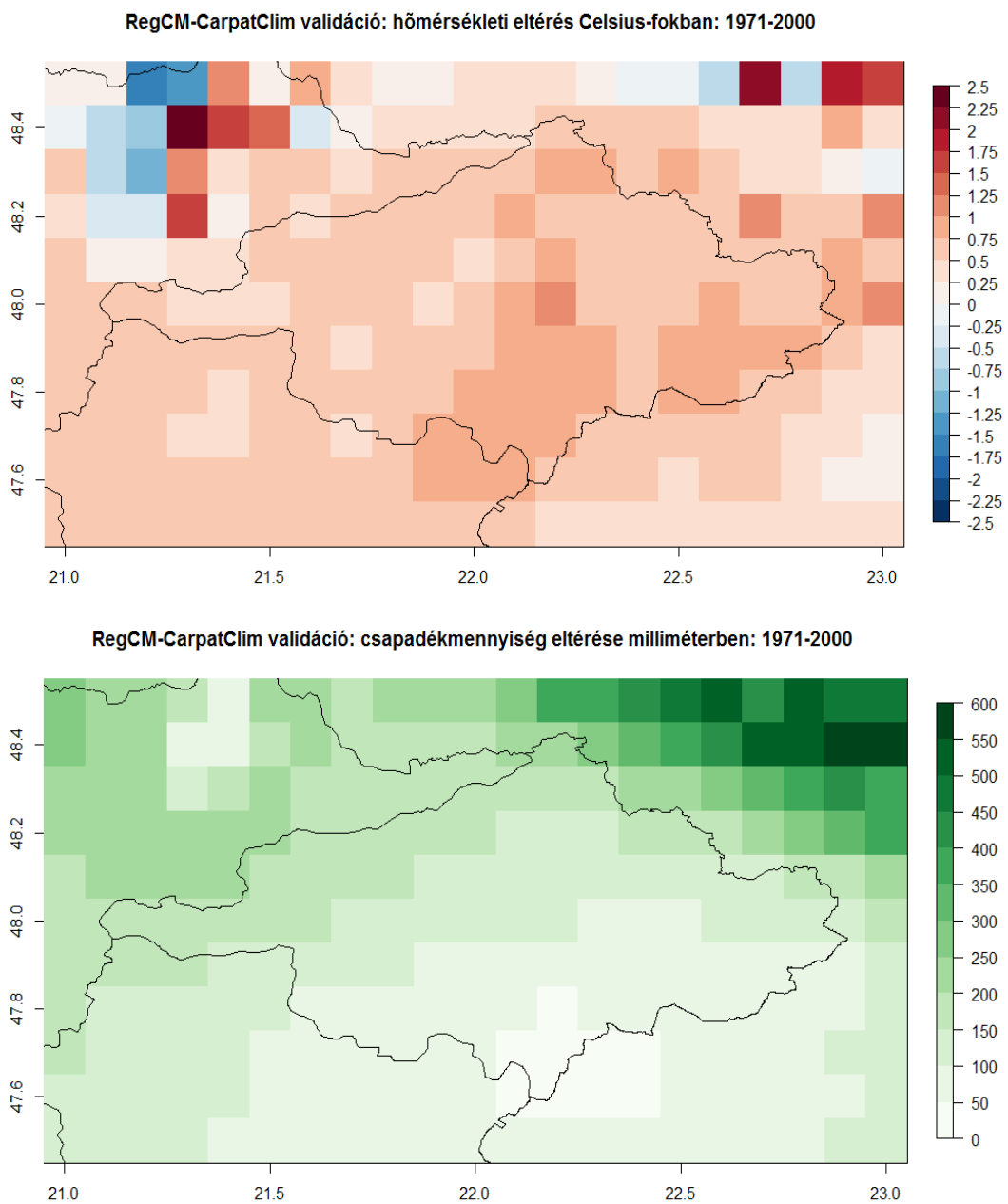
hőmérsékleteket áttekintve látható volt, hogy 0 °C alatti havi átlaghőmérsékletek egyre ritkábbá válnak a század során. A csapadék vizsgálatára áttérve a nyári csökkenést itt is megtaláljuk, melyet az A1B scenárió esetén a téli növekedés egyensúlyoz. A REMO modell esetén a 2050-ig várható átlagos hőmérséklet növekedés 1,5 °C, míg 2100-ig már 3,5 °C. Az első időszakban kiemelkedően a nyár és az ősz változik, míg a másodikban az ősz mellett a tél. A legnagyobb mértékű változások a modell szerint országunk délkeleti vidékein várhatóak. Az előző két modelleredményhez hasonlóan a hideg szélsőségek itt is csökkennek, míg a nyári napok száma jelentősen növekszik majd. A csapadék változása változékonyabbá válik, tavasszal és nyáron csökken mindkét időszakban, míg ősszel és télen növekedés várható. Érdekeség, hogy a modell a keleti országrészben ősszel is csökkenést vár. A század végére a csapadék eloszlása olyannyira megváltozhat, hogy a téli félévben több csapadék (főleg eső formájában) hullik majd, mint a nyári félévben.

Összefoglalásként elmondható, hogy a folyamatos változások és fejlesztések mellett is a modelleredmények egyetértenek a globális hőmérséklet, vagy azon belül Magyarország átlaghőmérsékletének növekedésével. A regionális klímamodellek eredményei nagyon egybecsengenek a térségben, az általam vizsgált RegCM későbbi eredményeivel is nagymértékű egyezést mutatnak. A folyamatos technikai fejlődés eredményeképpen a jövőben talán pontosabb képet kaphatunk a csapadék térbeli megváltozásáról is.

#### **4.2 A felhasznált modell bemutatása és validációja**

Munkám során a RegCM 4.3-as verzióját (*Elguindi et al., 2011*) használtam, RCP 4.5-ös scenárióval. A klímamodell korlátos tartományú, a vizsgált szimuláció hidrosztatikus, 10 km-es horizontális felbontással. Annak érdekében, hogy az eredmények jól érzékeltethetők legyenek, a modell é. sz. 47,5° és 48,5° illetve k. h. 21° és 23° közé eső területét rajzoltam ki. Ebben a „téglalapban” helyezkedik el Szabolcs-Szatmár-Bereg megye. A modell validációjához referenciaként a CarpatClim adatbázisát használtam fel, mely 1960 és 2010 közötti adatokat tartalmaz. Ebből az időszakból választottam ki a referenciaidőszakot (1971-2000), majd hasonlítottam össze a szimuláció eredményeivel az említett paraméterekre (14. ábra).

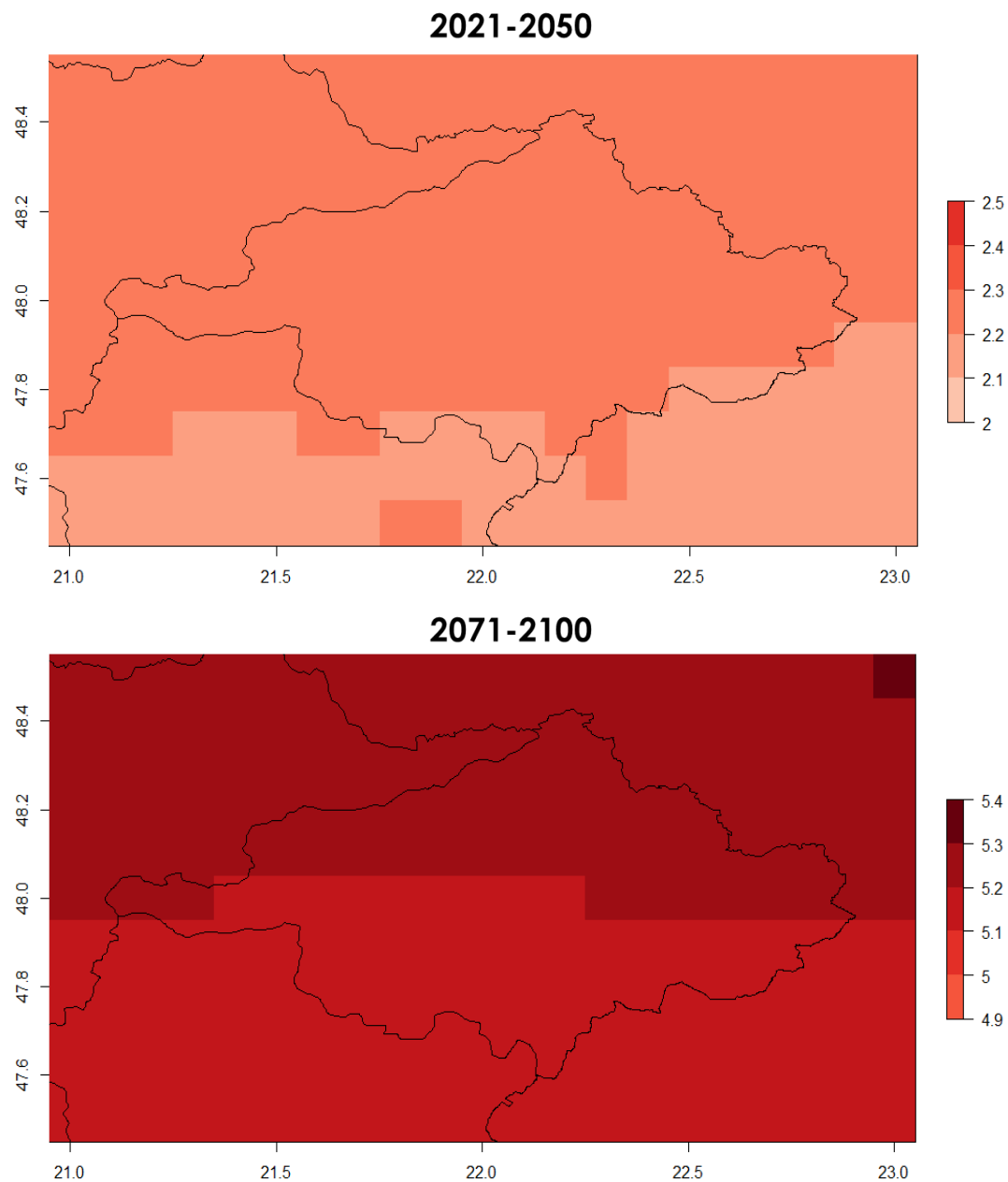
A modell a megye területén 0,2-1,3 °C-kal felülbecsülte a hőmérsékleti értékeket a múltban, nagyobb területeken 0,5-1 °C a jellemző érték. A megyét körülvevő hegyvidéki területeken változatos a hiba értéke, mind pozitív, mind negatív irányban. Ez abból adódik, hogy a CarpatClim adatbázisa ugyan rácsponti, de pontszerű értékeket tartalmaz, míg a modell egy 10x10 km-es rácspont átlagát. A csapadéknál is hasonlóan nagyobb értékeket produkált a modell, itt 0-300 mm a felülbecslés. Egyértelmű a hiba növekedése a megye DK-i részéről ÉNy felé haladva.



**14. ábra: Az átlaghőmérséklet (felül) és a csapadékmennyiség (alul) eltérése a CarpatClim adatbázis megfelelő paramétereitől 1971-2000 között.**

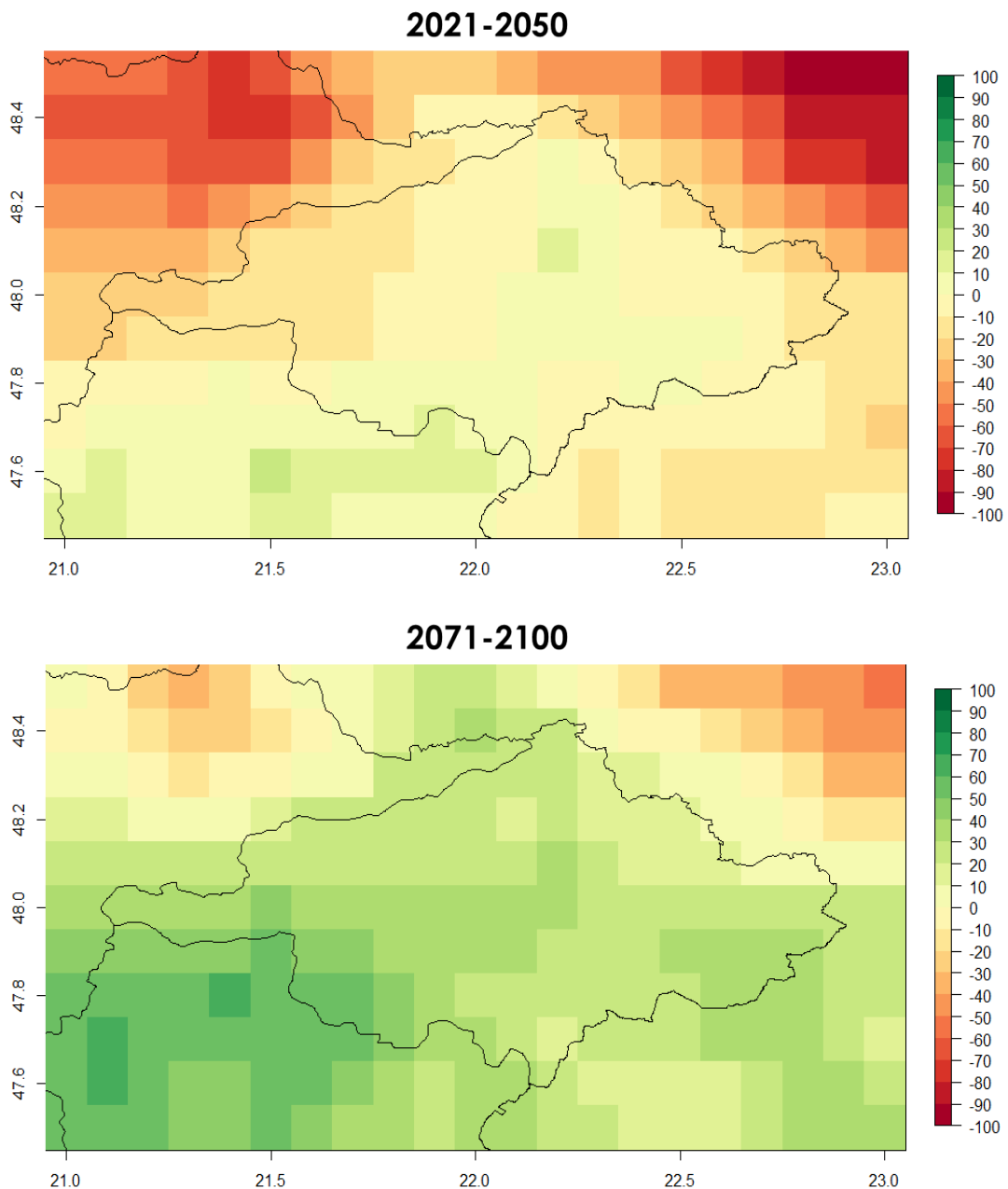
### 4.3 A kapott modelleredmények

Az eredmények megjelenítéséhez az R programot használtam. A hőmérséklet növekedése egyértelmű már az első 30 éves periódusban (2021-2050) is. A megye legnagyobb részén 2,2-2,3 °C a melegedés mértéke (az 1971-2000 referenciaidőszakhoz képest), összességében 2,1 és 2,3 °C között változik. A század végére (2071-2100) még drasztikusabb kép látszik kirajzolódni. A megye nagy részén 5,1 és 5,3 °C az emelkedés mértéke a referenciaidőszakhoz képest, Záhony térségében várhatóak az 5,3 °C körüli értékek. Az elkészített hőmérsékleti különbség térképeket a 15. ábrán mutatom be.



15. ábra: Az éves középhőmérséklet megváltozása (°C) a 2021-2050 (felül) és 2071-2100 időszakra (alul) (Referencia időszak: 1971-2000)

A hőmérséklet után a csapadékmennyiség megváltozását vizsgáltam az előbbi időszakokra. Az első 2021-től 2050-ig tartó időszakban egyaránt találunk csökkenést és növekedést a megye területén (16. ábra). Összességében a változás  $-30$  és  $+20$  mm között mozog, a középső és délebbi részeken várhatunk kismértékű növekedést, míg a megye többi részén (főleg nyugaton) hasonló mértékű csökkenést. A századvégi időszakban egyértelmű a növekedés a referenciaidőszakhoz képest. Az egész területen  $0-60$  mm a csapadék megváltozása, a legkisebb értékek az ÉK-i régióban, míg a legnagyobbak a Ny-i, DNy-i részen találhatók.



16. ábra: A csapadékmennyiség megváltozása (mm) a 2021-2050 (felül) és 2071-2100 időszakra (alul) (Referencia időszak: 1971-2000)

## Összefoglalás

A dolgozatomban Magyarország északkeleti régiójában található Nyírség és Felső-Tisza-vidék regionális klímaviszonyait mutattam be. A választásom azért erre a területre esett mivel szülőföldem eme hely, ez személyes motivációként végig jelen volt. Meteorológiai szempontból a térség az Alföld hűvösebb részeihez tartozik, mégis itt tapasztalhatjuk jelenleg a legmagasabb hőmérsékleti anomáliát (+2 °C). Ennek pontos okai a dolgozat keretein belül nem kerültek tisztázásra, hiszen csekély mennyiségű az adatmennyiség, amely rendelkezésemre állt. Egy komplexebb, több paramétert felhasználó vizsgálat pontosabb képet nyújthat ennek megértéséhez a jövőben. A dolgozat második fejezetében történeti összefoglalást végeztem a térségben előfordult „elemi csapásokról”, Réthly Antal munkái alapján. Ezt követően kifejezetten a Nyírség éghajlatáról íródott Borsy Zoltán művét tanulmányoztam, egyes adatokat újra feldolgozva. A múlt szakirodalmi áttekintését kiegészítettem éghajlati osztályozásokkal, amelyek közül részletesen (Péczy, 1979) és (Ács et al., 2015) munkáját tekintetem át. Péczy osztályozási módszerét az elmúlt 30 éves klímaidőszakra alkalmazva is érzékeltethető a térségben bekövetkezett melegedő tendencia (Bihari, 2018). A megye területén található két szinoptikus állomás (Nyíregyháza és Záhony) adatait 2002-2016 között saját munkám keretein belül elemeztem. Walter-Lieth diagramok segítségével szemléltettem a terület éghajlati viszonyait. Az éves átlaghőmérséklet az említett 15 éves időszakban 10,6 °C, míg az éves átlagos csapadékmennyiség 500-600 mm közötti volt. Az abszolút hőmérsékleti szélsőségek megvizsgálása után az adatokból látható a tendencia, miszerint az extrém hideg értékek kisebb gyakorisággal, míg az extrém meleg értékek egyre nagyobb valószínűséggel fordulnak elő a területen. További adatok feldolgozásával, melyet a CarpatClim adatbázisa biztosított, 50 éves hőmérsékleti tendenciákat is vizsgáltam három rácspontban. A hőmérséklet mellett a másik legfontosabb paraméter, a csapadék elemzését is elvégeztem, viszont csak a szélsőségek terén. A megye területén mind extrém száraz, mind extrém csapadékos hónapok előfordultak a közelmúltban. Kiemelendő a szélsőségek közül a 24 óra alatt lehullott csapadékösszeg, mivel ebből az indexből 2017-ben 3 esettel találkozhattunk (ami országos szinten is rekordnak számított). A csapadékadatok vizsgálata alapján elmondható, hogy átlagosan a régió középső és nyugati területei a szárazabbak (Nyíregyháza környéke), de lokális

maximumok szinte bárhol előfordulhatnak. Kiegészítésként elvégeztem az elmúlt két év (2017 és 2018) hőmérsékleti és csapadékadatainak áttekintését. Míg 2017 csupán 1 °C-kal volt melegebb a referenciaidőszak átlagánál, addig az országon belül a legcsapadékosabb területek közé tartozott a Felső-Tisza-vidék (600-850 mm). 2018 ezzel szemben szárazabbnak bizonyult, viszont a hőmérsékleti anomália elérte vagy meghaladta a +2 °C-ot a területen, ami példátlan országos szinten. A dolgozat utolsó fejezetében a klímamodellzés felé fordítottam érdeklődésemet. Elsőként röviden áttekintettem az ide kapcsolódó szakirodalmat. A hazánkban futtatott regionális klímamodellek eredményeit összehasonlítottam az általam használt RegCM 4.3-mal, de nem kaptam meglepő eredményt, mivel a modellek egyetértenek a jövőbeli trendekben (legalábbis a hőmérséklet terén). A modelleredmények kiértékelése előtt elvégeztem a modell ezen verziójának validációját, a már felhasznált CarpatClim adatbázis segítségével. Referenciaidőszaknak 1971-2000 harmincéves időintervallumot választottam, míg a futtatás eredményei 2021-2050-re és 2071-2100-ra vonatkoztak. Az átlaghőmérséklet megváltozása a többi modellhez hasonlóan szignifikáns, az első időszakot vizsgálva 2,2 °C-kal várható melegebb, míg a század végéig tartó időszakban 5,1 °C-kal. Csapadék terén a modell a század közepéig inkább csökkenő (–30 – +10 mm/év), míg a 2071-2100-as időszakban már növekvő (+10–60 mm/év) éves átlagos csapadékösszeget vár. Összegzésként elmondható, hogy további változások várhatóak az éghajlatban az általam vizsgált területen, mint a bevezetésben írtam, ez egy természetes folyamat a Földön. Az emberi beavatkozás következményeként viszont eddig még nem tapasztalt ütemben változik klímánk, melyhez alkalmazkodnunk kell a világ minden táján, így Magyarország ezen szegletében is.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Pieczka Ildikónak, aki a legelső pillanattól kezdve nyomon követte a dolgozat fejlődését, szakmai tanácsaival segített a dolgozat kialakításában, illetve mindig rendelkezésemre állt, ha kérdésem volt. Köszönöm továbbá Kristóf Erzsébetnek, aki az R program használatához nyújtott segítséget és szintén rendelkezésemre állt bármilyen kérdés esetén. Továbbá szeretném megköszönni nagyszüleimnek a támogatást és motiválást, melyet kaptam a dolgozat készítése és egyetemi éveim alatt.



## Irodalomjegyzék

- Ács, F., Breuer, H. & Skarbit, N. (2015): Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. *Theor Appl Climatol* (2015) 119: 161 p.
- Bartholy, J., Horányi, A., Krüzselyi, I., Pieczka, I., Pongrácz, R., Szabó, P., Szépszó, G., Torma, Cs. (2011): A várható éghajlatváltozás dinamikus modelleredmények alapján. In: KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére (szerk.: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L.), pp. 170–234.
- Bihari, Z., Lakatos, M. (2011): A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.): Klímaváltozás - Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. ELTE. Budapest. pp. 145-169.
- Bihari Z., Babolcsai Gy., Bartholy J., Ferenczi Z., Gerhátné Kerényi J., Haszpra L., Homokiné Ujváry K., Kovács T., Lakatos M., Németh Á., Pongrácz R., Putsay M., Szabó P., Szépszó G. (2018): Magyarország éghajlata. In: Kocsis Károly (főszerk.): Magyarország nemzeti atlasza: természeti környezet. Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet, Budapest. pp. 58-69.
- Bíróné Kircsi, A. (2017): 2017 nyarának időjárása. *Léggör*, 62(3), pp. 142-143.
- Bíróné Kircsi, A. (2018a): 2017/2018-as tél időjárása. *Léggör*, 63(1), pp. 62-63.
- Bíróné Kircsi, A. (2018b): 2018 nyarának időjárása. *Léggör*, 63(3), pp. 150-151.
- Borsy, Z. (1961): A Nyírség természeti földrajza, Akadémiai Kiadó, Budapest. 227 p.
- Christensen, J.H., Christensen, O.B. (2007): A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 81, pp. 7–30.
- Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., Solmon, F., Rauscher, S., Zakey, A., Giuliani, G. (2011): Regional climatic model RegCM user manual version 4.3. 32 p. ICTP, Trieste

- Feddema, J. J.* (2005): A Revised Thornthwaite-Type Global Climate Classification. *Physical Geography* - 26. pp. 442-466.
- Frisnyák, S.* (1984): A megye földrajza. In: Cserenyák László (szerk): Szabolcs-Szatmár. Budapest: Kossuth. 1984. pp. 5-25.
- Fülöp, A.* (2014a): 2014-es tavasz időjárása. *Léggör*, 59(2), pp. 93-94.
- Fülöp, A.* (2014b): 2014 őszének időjárása. *Léggör*, 59(4), pp. 181-182.
- Giorgi, F.* (1990): Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate*, 3, pp. 941–963.
- Giorgi, F., Hewitson, B., Christensen, J., Hulme, M., von Storch, H., Whetton, P., Jones, R., Mearns, L., Fu, C.* (2001): Regional climate change information - Evaluation and projections. Chapter 10, In: IPCC's Climate Change 2001: The Scientific Basis.
- Hawkins, E., Sutton, R.* (2009): The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 90, pp. 1095–1107.
- Hay, L.E., Clark, M.P., Pagowski, M., Leavesley, G.H., Gutowski, W.J.* (2006): One-way coupling of an atmospheric and a hydrologic model in Colorado. *J. Hydrometeorology*, 7, pp. 569–589.
- Hoffmann, L.* (2017): 2017 tavaszának időjárása. *Léggör*, 62(2), pp. 98-99.
- Horányi, A., Kertész, S., Kullmann, L., Radnóti, G.* (2006): The ARPEGE/ALADIN mesoscale numerical modeling system and its application at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás*, 110, pp. 203–228.
- IPCC* (1990): Climate change. The IPCC response strategies. WMO/UNEP. 270 p.
- IPCC* (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 881 p.

- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.*
- Jacob, D. & Petersen, J. & Eggert, B. & Alias, A. & Christensen, O. & Bouwer, L. & Braun, A. & Colette, A. & Déqué, M. & Georgievski, G. & Georgopoulou, E. & Gobiet, A. & Menut, L. & Nikulin, G. & Haensler, A. & Hempelmann, N. & Jones, C. & Keuler, K. & Kovats, S. & Yiou, P. (2014): EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*. 14. 10.1007/s10113-013-0499-2.*
- Kis, A. (2013): Csapadékindexek XXI. századra becsült trendjei Közép-Kelet-Európában korrigált csapadékmezők felhasználásával (OTDK dolgozat). Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék. pp. 21-23.*
- Köppen, W. 1936: Das geographische System der Klimate. – In: Köppen, W.–Geiger, R. (eds): *Handbuch der Klimatologie*. –Verlag von Gebrüder Borntraeger. 44 p.*
- Kotlarski, S., Keuler, K., Christensen, O. B., Colette, A., Déqué, M., Gobiet, A., Goergen, K., Jacob, D., Lüthi, D., van Meijgaard, E., Nikulin, G., Schär, C., Teichmann, C., Vautard, R., Warrach-Sagi, K., and Wulfmeyer, V. (2014): Regional climate modeling on European scales: a joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble, *Geosci. Model Dev.*, 7, pp. 1297-1333*
- Leggett, J., Pepper, W.J., Swart, R.J. (1992): Emissions scenarios for IPCC: An update. In: Climate Change 1992. Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment [Houghton, J.T., Callander, B.A., Varney, S.K. (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, pp. 68-95*
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (eds.) (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 160 p.*
- Mikes, M. (2017): A Nyírség és a Felső-Tisza vidék éghajlati elemzése (TDK dolgozat), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék. 33 p.*

Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment, *Nature*, 463, pp. 747–756

Nakicenovic, N., Swart, R. (eds.) (2000): Emissions Scenarios. A Special Report of IPCC Working Group III, *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, 599 p.

Péczely, Gy. (1979): Éghajlattan. Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 238-242

Pieczka, I. (2012): A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával. Doktori Értekezés (PhD), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék. 95 p.

Rajhonáné Nagy, A. (2013): 2013 tavaszának időjárása. *Léggör*, 58(2), pp. 85-87.

Réthy, A. (2009): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701-1800-ig. OMSZ, Budapest. 622 p.

Réthy, A. (1998; 1999): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801-1900-ig. OMSZ, Budapest. 1369 p.

Sábitz J., Szépszó G., Zsebeházi G., Szabó P., Illy T., Bartholy J., Pieczka I., Pongrácz R. (2015): A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. NATÉR (EEA-C11- 1) tanulmány (szerk.: Szépszó G.), 111 p.

Skarbit, N., Ács, F., Breuer, H., Krakker, D. (2014): Magyarország éghajlatának változásai a 20. században (Péczely György osztályozási módszere alapján). *Földrajzi Közlemények* 2014. 138. 4. pp. 268–269

Spinoni, J., et al., 2015: Climate of the Carpathian Region in 1961–2010: Climatologies and Trends of Ten Variables. *International Journal of Climatology*, 35(7), pp 1322-1341.

- Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T. Stepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, Gy., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V., Nejedlik, P., Stastny, P., Mikulova, K., Nabyvanets, I., Skyryk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T., Spinoni, J. (2013): Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. [www.carpatclim-eu.org](http://www.carpatclim-eu.org).
- Szépszó, G. (2014): A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére. Doktori Értekezés (PhD), Eötvös Loránd Tudományegyetem. 162 p.
- Thorntwaite, C. W. (1948): An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Soil Science*: July 1948 - Volume 66 - Issue 1 – 77 p.
- Torma, Cs. & Bartholy, J. & Pongracz, R. & Barcza, Z. & Coppola, E. & Giorgi, F. (2008): Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. *Időjárás* (Budapest, 1905). 112. pp 233-247.
- Trewartha, G. T. (1968): An introduction to climate. McGrawHill, New York, NY
- Vincze, E. (2012): 2012 nyarának időjárása. *Léggör*, 57(3), pp. 128-130.
- Vincze, E. (2013): 2012/2013-as tél időjárása. *Léggör*, 58(1), pp. 40-42.
- Vincze, E., Kovács, T. (2014): 2014 nyarának időjárása. *Léggör*, 59(3), pp. 137-138.
- Walter, H., Lieth, H. (1960): Klimadiagramm-Weltatlas. Etwa 8000 Klimastationen (etwa 9000 Diagramme), 33 Hauptkarten, 22 Nebenkarten. Jena: G. Fischer, 1960. Print.

**Internetes források:**

[1-KSH] <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/megy/122/szab122.pdf>

[2-Wikipédia] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HU\\_county\\_Szabolcs-Szatmar-Bereg.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HU_county_Szabolcs-Szatmar-Bereg.svg)

[3-OMSZ]

[http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evek\\_idojarasa/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/)

[4-Zivatar.hu] <http://www.zivatar.hu/script.php?id=walter-lieth>