

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II
кафедра географії та туризму

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота

**Зміни в режимі опадів в XX–XXI столітті на основі даних метеостанції
м. Дебрецен (Угорщина)**

Варга Чобо Чобович

Студент IV-го курсу

Освітня програма 014 Середня освіта (Географія)

Тема затверджена на засіданні кафедри

Протокол № 8/2024

Науковий керівник: **МОЛНАР ЙОСИП ЙОЖЕФОВИЧ**

(кандидат географічних наук, доцент,

доцент кафедри географії та туризму)

Завідувач кафедри географії та туризму: **МОЛНАР ЙОСИП ЙОЖЕФОВИЧ**

(кандидат географічних наук, доцент,

доцент кафедри географії та туризму)

Робота захищена на оцінку _____, «___» _____ 2025 року

Протокол № _____ / 2025

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

кафедра географії та туризму

**Зміни в режимі опадів в XX–XXI столітті на основі даних метеостанції
м. Дебрецен (Угорщина)**

Кваліфікаційна робота

Виконавець: студент IV-го курсу

ВАРГА ЧОБО ЧОБОВИЧ

Освітня програма 014 Середня освіта (Географія)

Науковий керівник: **МОЛНАР ЙОСИП ЙОЖЕФОВИЧ**

(кандидат географічних наук, доцент,

доцент кафедри географії та туризму)

Рецензент: **ІЖАК ТІБОР ЙОСИПОВИЧ**

(кандидат географічних наук, доцент,

доцент кафедри географії та туризму)

Берегове 2025

Вступ

1. Огляд фахової літератури

2. Методи дослідження

3. Результати

3.1. Зміна річної кількості опадів у період 1901–2020 роки

3.2. Зміни кількості опадів за порами року

3.3. Зміни середньомісячних кількостей опадів у 1901–2020 роках

3.4. Зміни у частоті екстремальних опадів

3.5. Частотність посушливих періодів

4. Використання результатів у шкільній освіті

Висновки

Підсумки

Резюме українською мовою

Список літератури

Заява

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola

Földrajz és Turizmus Tanszék

Változások a csapadékjárásban a XX–XXI. század folyamán – debreceni adatok alapján

Szakdolgozat

Készítette: Varga Csaba

IV. évfolyamos hallgató

Képzési program: 014 Középiskolai oktatás (Földrajz)

Témavezető: Molnár József

PhD, tanszékvezető

Beregszász – 2025

Tartalomjegyzék:

Bevezetés

1. Irodalmi áttekintés

2. Kutatási módszer

3. Eredmények

3.1. Az évi csapadékösszegek változása az 1901–2020-es időszakban

3.2. Az évszakok csapadékmennyiségének módosulása

3.3. Változások a havi csapadékatlagokban 1901–2020-ben

3.4. Módosulások az extrém csapadéértékek előfordulásában

3.5. Az aszályos időszakok gyakoriságának módosulása

4. Az eredmények alkalmazása az iskolai oktatásban

Következtetések

Összefoglalás

Ukrán nyelvű rezumé

Irodalomjegyzék

Nyilatkozat

Bevezetés

Az éghajlatváltozás (más néven klímaváltozás) az éghajlat tartós és jelentős mértékű megváltozását jelenti, helyi vagy globális szinten. Ez a változás kiterjedhet az átlagos hőmérsékletre, az átlagos csapadékra vagy a széljárásra. Az éghajlatváltozás jelentheti az éghajlat változékonyságának módosulását is.

Jelenlegi éghajlatunk megismeréséhez fontos megismernünk a múlt éghajlatát is. Ezen munkámmal én is ehhez próbálok hozzájárulni, Debrecen csapadékváltozásának ismertetésével. A fent említett témakör vizsgálatát, kutatását különböző módszerekkel végrehajtható.

A csapadék, mint alapvető meteorológiai tényező, meghatározó szerepet játszik a város ökológiai rendszereinek, mezőgazdasági tevékenységeinek és vízgazdálkodási folyamatainak. A csapadékeloszlás nemcsak időbeli változékonyságot mutat, hanem térbeli egyenlőtlenségeket is eredményezhet, különösen a nyári hónapokban, amikor a konvektív csapadék intenzív, de lokalizált formában jelentkezik. Az évszakos eloszlás jelentősége túlmutat az éghajlati elemzéseken, mivel befolyásolja a fenntarthatósági stratégiákat, a város vízellátását és az aszályokkal szembeni védekezést.

Vizsgálataim során Debrecen térségéről 1901-2024 közötti adatokat elemeztem a HungaroMet adatai alapján. A helyszínválasztást indokolja, hogy Debrecen, Magyarország második legnagyobb városa, az Alföld északkeleti részén helyezkedik el, ahol a mérsékelt kontinentális éghajlat uralkodik. Ez az éghajlati típus a meleg nyarokról, hideg telekről és az éves csapadékmennyiség viszonylagos alacsony értékéről ismert, így fokozottan ki van téve a csapadékmennyiség változásainak.

A Debrecen környéki csapadékviszonyok vizsgálata a regionális éghajlati folyamatok megértése mellett globális összefüggésekre is rávilágíthat, különös tekintettel az éghajlatváltozás okozta szélsőséges időjárási jelenségekre. Ezért kiemelten fontos a város csapadékviszonyainak tanulmányozása, amely nemcsak meteorológiai és klimatológiai szempontból, hanem társadalmi és gazdasági jelentőségében is releváns.

Dolgozatom célja, hogy Debrecen múltbeli és várható csapadékmennyiségét egy részletes és könnyen értelmezhető módszer segítségével mutassam be.

1. Irodalmi áttekintés

A csapadék ismerete fontos a szennyvízelvezetés fejlesztéséhez, a belső vízproblémák kezeléséhez és a csapadékkimosódáson alapuló szennyezés elleni küzdelemhez is. A tanulmány elsődleges célja a csapadékmennyiség 1901 és 2020 között Debrecen városában bekövetkezett mennyiségi változásainak nyomon követése.

A debreceni csapadék változásának a vizsgálatával az 1901–2011-es időszakban Forian és Tamas foglalkozott (Forian, Tamas, 2011). A 111 éves intervallumú adatkészlet lehetővé tette számukra, hogy feltárják a csapadékváltozások és módosulások mennyiségét és eloszlását a mai globális éghajlatváltozás részeként. Debrecenben az éves csapadékmennyiség csökkenő tendenciát mutatott a vizsgált időszakban, de nem sokat (~30 mm-es csökkenés 100 év alatt). Minden évszaktól látható, hogy télen és tavasszal megközelítőleg nincs változás a trendben, míg nyáron növekedés, ősszel pedig körülbelül azonos szintű csökkenés állapítható meg.

Debrecen csapadékviszonyainak hosszú távú változása jól tükrözi a globális és regionális éghajlatváltozás hatásait. A város, amely az Alföld északkeleti részén fekszik, az éghajlat mérsékelt kontinentális jellegéből adódóan érzékeny a változásokra, különösen a csapadék időbeli és térbeli eloszlásának szempontjából. Hosszú távú tendenciák Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) és más meteorológiai adatsorok alapján csökkenő általános trendek figyelhetők meg Debrecen csapadékadatában 1901-től. A 20. század elején Debrecen éves csapadékmennyisége átlagosan 600 mm körül alakult, ami a század végére enyhén csökkent, az 500–550 mm közötti értékekre (Tarsoly, Bekény, Dányi, 2000).

Az elmúlt évtizedekben Magyarországon a csapadék térbeli és időbeli eloszlása számottevően módosult. Különösen figyelemre méltó a csapadékos napok számának csökkenése, miközben az intenzív csapadékhullások gyakoribbá váltak, ami fokozza a felszíni lefolyásokból eredő károk kockázatát (Lakatos, Bihari, 2011).

Az Alföld már eleve a szárazabb területek közé tartozik, de a csökkenő tendencia a regionális aszályos periódusok gyakoribbá válását is jelzi. A tavaszi és nyári hónapokban (különösen május és július között) a konvektív csapadék intenzitása nőtt, miközben az össz mennyiség csökkenést mutat. Az őszi és téli időszakokban növekvő arányban fordul elő tartós, de kisebb intenzitású csapadék, ugyanakkor a hóval borított napok száma jelentősen csökkent (Pálvolgyi, Bartholy, Pongrácz, 2018).

A város éghajlati adottságait döntően a földrajzi fekvése határozza meg. Ennek megfelelően, Magyarország éghajlati körzetbeosztása alapján, Debrecenben a mérsékelt meleg, száraz hideg telű körzetnek megfelelő éghajlati adottságok figyelhetők meg (Péczeley, 1969).

Debrecen azon kevés magyarországi városok egyike, ahol már a 19. század közepén megkezdődtek a meteorológiai mérések. A Felsőfokú Gazdasági Tanintézet kezelésében 1868-tól folynak a Debrecen Pallag-i állomáson rendszeres időjárási megfigyelések. Az azóta eltelt évtizedek hosszú adatsora lehetőséget nyújt az éghajlati elemek részletesebb elemzésére.

A globálsugárzás a legfontosabb meteorológiai tényező, mert több meteorológiai elem alakulását befolyásolja. A besugárzás mértéke a legnagyobb június–július hónapokban ($622\text{--}662\text{ MJ/m}^2/\text{hó}$), a legkisebb decemberben ($80\text{ MJ/m}^2/\text{hó}$). Az éves összege 4385 MJ/m^2 . A globálsugárzás éves mérlege Debrecenben 1820 MJ/m^2 , az albedó télen maximális, éves átlaga 20%. A napsütés évi átlagos összege meghaladja a 2050 órát. Havi átlagai 150–200 óra között mozognak. A legmagasabb értéket júliusban, a legalacsonyabbat decemberben éri el. A borultság mértékét a felhőzet mellett a köd is befolyásolja. A borultság és a napfénytartam között fordított összefüggés van. Legnagyobb a borultság decemberben (75 %), legkisebb július–augusztusban. A sokéves átlag 58 %. A derült napok száma 59 (Lóki, 2020).

Ezek a változások összhangban állnak a kontinentális éghajlati övön belüli megfigyelt klímaváltozási tendenciákkal, különös tekintettel a Kárpát-medence kiszolgáltatottságára a nyugat-keleti irányú ciklontevékenység és a szubmediterrán hatások fluktuációinak. A mezőgazdasági és vízgazdálkodási szempontból is releváns évi csapadékmegoszlás (különösen a vegetációs időszakban lehulló csapadék) szintén egyre inkább aszinkron módon jelentkezik, ami növeli az aszályos időszakok és az extrém csapadékesemények kockázatát.

A csapadék éven belüli megoszlását tekintve megállapíthatjuk, hogy a legkevesebb csapadék (31,2 mm) általában februárban hull. Ettől nem sokkal több a január és március csapadéka, tehát a tavasz kezdetekor csapadékhiánnyal kell számolnunk. A csapadékos napok száma 130–170 között mozog. A tavaszi hónapokban a hőmérséklet emelkedésével együtt növekszik a csapadék mennyisége is, majd júniusban éri el a maximumát (75,5 mm). A nyári hónapokban, amíg a hőmérséklet egyre magasabbra emelkedik, addig a csapadék júniustól kezdődően csökken. A párolgás maximuma júliusban van, a párolgási többlet 60 mm. A téli csapadék nagy része hó alakjában hull, amelynek nagy jelentősége van az őszi vetések védelmében. A téli hónapok közül legcsapadékosabb a december, a legszárazabb hónap pedig

a február. A hóréteg átlagos vastagsága 5–9 cm. A téli csapadék mennyiségében az egyes években nagy eltérés tapasztalható. Gyakran előfordul, hogy a tél folyamán többször elolvad, illetve újra képződik a hótakaró. A csapadék több mint a fele a vegetációs időszakban hullik, de ennek ellenére mégis aszályos helyzet alakul ki. Azokon a területeken, ahol a legnagyobb a nyári meleg, egyben a csapadék is bizonytalanabb. A szeszélyes csapadékeloszlás miatt még a csapadékos években sem kizárt az aszályos nyarak lehetősége (Lóki, 2020).

A városban mért csapadékadatok Debrecen számított éves csapadékmennyisége a 1900-2011 111 éves adatsorból 570 mm, 118 mm-es szórás mellett. Az adattartomány 632 mm, átlagos abszolút eltérése 92 mm. A csapadékváltozást a legegyszerűbben egy lineáris trendvonal illesztése, amely évente kb. 0,30 mm-re csökkenő csapadékmennyiséget mutat.

A következő lépésben az adathalmazt 10 éves intervallumokra osztottuk, és ezen időszakok átlagát összehasonlítottuk a teljes időszak számtani átlagával. Az 1951-1960-as és az 1980-as és 2000-es időszakok szárazabbak voltak az átlagnál, míg az 1911-1920-as és a 2000-2010-es időszakok voltak a legcsapadékosabb évtizedek. A legszárazabb az 1991-2000-es időszak, míg a legcsapadékosabb a 2000-2010-es évtized volt. Érdekes, hogy ez a két szélsőséges időszak két egymást követő évtized volt a múlt század végén. A csapadékhiány a minimumidőszak átlagához képest több mint 50 mm volt, míg a legcsapadékosabb időszakban 90 mm-es többlet volt a 111 éves átlaghoz képest. A megosztott adatsorok utolsó három évtizede, 1981 és 2010 között a szélsőségek ellenére növekedést mutat az átlagos csapadékmennyiség csökkenési tendenciájához képest.

A csapadékmennyiség növekedése miatt a teljes időtartam teljes csökkenése mindössze 30 mm/100 év. csapadék szezonális alakulása A csapadék szezonális változása a gazdálkodók számára fontosabb, de a nagy intenzitású csapadék számos településen hatással lehet a házak és épületek állapotára. Debrecenben is vannak olyan városi területek, mint sok más alföldi településen, amelyeket csapadékosabb időszakokban eláraszthat a belső víz. Emellett a város felszíni víz- és csatornarendszerei is terheltek ezekben az időszakokban. Ezek az események gyakoriak tavasszal a hóolvadás miatt, és nyáron is, amikor hevesebb esőzések fordulhatnak elő.

A hazai kutatások szerint a klímaváltozás nemcsak meteorológiai tényezőkben jelentkezik, hanem kihat a természetes ökoszisztémák állapotára, a talajvízszintre, sőt a biodiverzitás csökkenésére is. A szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése különösen érzékenyen érinti a szárazodásra hajlamos térségeket (Somogyi, 2015).

Láng (2005) szerint Magyarország éghajlati sérülékenysége kiemelkedő a kontinentális régió belül, mivel a vízforrásaink többsége külföldről érkezik, miközben a belső csapadékellátottság egyre inkább szórványossá válik.

Ezért az éves csapadéértékek mellett a szezonális csapadékmennyiségek alakulását is vizsgáltuk. A lineáris trendet minden évszakra illesztettük a 111 éves időszak szezonálisan skálázott adataihoz, hogy meghatározzuk az egyes évszakok csapadékjellemzőinek lehetséges változásainak irányát. A trendvonalak meredekségéből arra lehet következtetni, hogy a növekvő nyári csapadékmennyiség mellett csökken az őszi csapadék mennyisége. A tavaszi csapadékmennyiségek gyakorlatilag változatlanok, míg a téli csapadékmennyiségek enyhén növekvő tendenciát mutatnak. Az eredmények nem jelentősek, így nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy Debrecen esetében megfigyelhető a szezonális csapadékviszonyok változása. Bartholy és kollégái országos évszakbecslése szerint a téli hónapokban növekvő csapadékmennyiségre, nyáron csökkenő csapadékra, az átmeneti évszakokban pedig nagyon kevés változásra lehet számítani (Sándor, János, 2013).

A regionális klímamodellek alapján a csapadékintenzitás a Kárpát-medence térségében a 21. század során várhatóan növekedni fog, még akkor is, ha az éves csapadékösszeg változása nem jelentős. Ez azt jelenti, hogy a rövid idő alatt lehulló csapadék mennyisége nőhet, ami további kihívást jelenthet a vízgazdálkodás számára (Kis, Pongrácz, Bartholy, 2017).

Egy terület éghajlatát földrajzi fekvése (valamely szélességi körön elfoglalt helye, vagyis az ebből fakadó napsugárzás-ellátottsága, továbbá tengerszint fölötti magassága és tengerektől való távolsága) határozza meg. Magyarország e tekintetben a közepes földrajzi szélességű helyzete miatt a meleg trópusi és a hideg (sarki) klímaövek közötti mérsékelt éghajlati övben fekszik. Éghajlata négy, egymástól jól elkülönülő évszakkal, jellemző nyári magas és téli alacsony hőmérsékleti értékekkel, valamint uralkodóan nyugatias légáramlással jellemezhető (Tarsoly-Bekény-Dányi, 2000). Debrecen sokévi (1991-2020) átlagos havi középhőmérsékleteit tekintve elmondható, hogy a leghidegebb hónap a január, míg a legmelegebb az augusztus. Az évi közepes hőingás 22,7°C. Az átlagos évi csapadékösszeg 546 mm. A legkevesebb csapadék a január-március időszakban hullik, a legcsapadékosabb pedig –több mint kétszer akkora összeggel – május-július.

A globálisugárzás éves összege a 2001-2020 közötti időszakban 4631 MJ/m^2 , az év során június-júliusban van a maximuma (havi összege júliusban meghaladja a 680 MJ/m^2 -t), míg a december-január időszakban a minimuma (a havi összeg átlagosan 100 MJ/m^2 körül alakul).

Debrecenben az évi szélátlag $3,02 \text{ m/s}$. A szélsébségek éven belüli eloszlását tavaszi maximum jellemzi, a márciusi átlag $3,72 \text{ m/s}$, míg augusztusban volt a legkisebb értéke ($2,61 \text{ m/s}$). A leggyakoribb szélirány az északkeleti, az esetek 21%-ában fúj az uralkodó szélirány felől a szél, míg a déli iránynak másodmaximuma van, relatív gyakorisága 18%. Legritkábban ÉNY felől fúj a szél.

A térségi csapadékösszegek változásai arra utalnak, hogy a belvizes időszakokat gyakran követik rövid, de intenzív aszályos periódusok, amelyek kiszámíthatatlanná teszik a vízgazdálkodást. (Bodnár, 2012)

A csapadékontenzitás növekedése új kihívások elé állítja a városi vízgazdálkodást és az infrastruktúra tervezését is. (Szöllősi-Nagy, 2003)

A 20. század második felétől fokozatosan nőtt a 20 mm feletti napi csapadékesemények száma, ami új típusú vízelvezetési problémákat okoz városi környezetben is. (Bihari, 2010)

2. Adatbázis és módszerek

A szakdolgozat célja a Debrecen térségében 1901 és 2020 között bekövetkezett csapadékváltozások vizsgálata. A kutatás kvantitatív módszertanra épül, amely lehetővé teszi a hosszú idősorok statisztikai elemzését és a változási trendek, szélsőségek, valamint az ingadozások feltérképezését. Az ilyen típusú, klimatológiai fókuszú elemzések elengedhetetlenek a lokális szintű éghajlatváltozás hatásainak megértéséhez (Bartholy, Pongrácz, 2007).

A vizsgálathoz felhasznált adatbázis Debrecen városának éves csapadékadatait tartalmazza az 1901–2020 közötti időszakra vonatkozóan, milliméteres bontásban. Az adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), valamint korábbi publikált klimatológiai adattárak és éghajlati évkönyvek alapján gyűjtöttem össze. Az adatok feldolgozása Microsoft Excel program segítségével történt.

Az irodalmi források felkutatásához felhasználtam a mesterséges intelligencia segítségét.

Az adatokat havi lebontásban gyűjtöttem ki 1901 tő 2020-ig.

A következő lépés az adatbázis ellenőrzése, illetve szükség esetén a javítása volt. Az oszlopokban felmerültek olyan problémák amelyek az adatok bevitelénél hibásan kerültek be az adatbázisba, ezeket átfésülve ki javítottam.

	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927
Január	39,1	23,7	25,8	14,3	22,3	32,5	38,6	44,8	30,2	46	27,6	28,6	27,3	8,2	105,4	35,5	46,2	13,7	18,5	29,3	25,9	72,1	23,1	26,9	3,3	36,3	48,9
Február	42,1	60,5	8,8	67,3	17,5	27,3	22,4	85,4	20,2	23,7	12,9	64,9	6,6	4,3	61,6	46,1	10,4	13,7	31,6	42	24,7	59,1	37,8	32,8	51,7	34,5	24,1
Március	43,8	50,5	12,8	14,8	9,5	77,1	21,8	35,1	36	5,1	25,8	54,8	22,4	99,5	84,9	49,8	38,4	11,4	100,4	30,3	2,6	61	16,1	37,6	24,5	22,9	30
Április	75,6	58,1	62	18,7	51,9	14,3	57,3	74,8	21,8	72,2	55,3	81,7	62,4	17,1	44,4	98,6	18,1	18,4	90,9	1,1	32,2	81,2	23,9	122,3	21,9	34,8	43,2
Május	87	110,9	37,6	25,1	81,2	52,5	43,8	18,6	70,9	76	82,2	125,9	40,5	36,2	48,1	54,8	17,3	61,6	50,5	76,2	35,1	33,6	7,8	25,4	63,8	69,4	91,5
Június	36,7	123,8	118,2	45,4	87,9	98,5	58,3	55,9	73,2	47,7	27,2	44,3	53,5	104,4	50,4	44,5	20	66,2	73,3	52,3	91	95,4	59	69,5	120,2	120,4	83,8
Július	42,8	37,2	144,6	39,5	15,7	46,6	33,8	65,9	58,1	49,8	13,5	40,6	142,3	70,5	149,8	47,5	63	65,4	71,9	145	18,8	18,4	24,7	48,3	68,9	77,9	48,1
Augusztus	50,2	44,9	34,8	46,9	38,6	46,1	39,4	65,9	36,9	61,5	31,2	113,4	117,6	34,7	59,6	18,9	45,9	39,6	58,9	126,7	45,7	21,5	21,5	40,1	131,7	61,9	452
Szeptember	44,9	38,9	9,5	28,8	35,5	127,6	43,9	27,8	83,8	78,1	12,2	96,6	46,4	61,8	103,6	50,2	16,6	47,9	5,8	20,3	17,3	110,5	26,2	41,8	41,7	37,5	76,3
Október	57,3	90,7	46,8	48,2	127,8	12,4	15,7	21	14,9	16,1	73,1	32,8	14,4	70,6	57,3	74,1	26,5	74,7	79,6	58,3	21,1	118,2	63,8	54,9	17,1	69,6	37,9
November	53,6	0	70,4	35,9	52,9	44,7	26	40,6	28,4	84,8	20,1	48,7	21,3	6,1	40,3	44,6	40,5	86,1	141,8	16,6	93,6	36	99,3	13	66,4	4,1	75,4
December	32,9	44,4	33,9	18,1	37,9	130,3	68,8	27,5	97,7	36,7	45,3	41,6	21,4	61,03	65,2	60,5	24,2	103,2	58,7	59,8	14,9	22,1	30,3	17,8	51,1	37	27,4
Éves átlag	606	683,6	605,2	403	578,7	709,9	469,8	563,3	572,1	597,7	426,4	773,9	576,1	574,4	870,6	625,1	367,1	601,9	781,9	657,9	422,9	729,1	433,5	530,4	662,3	606,3	1039

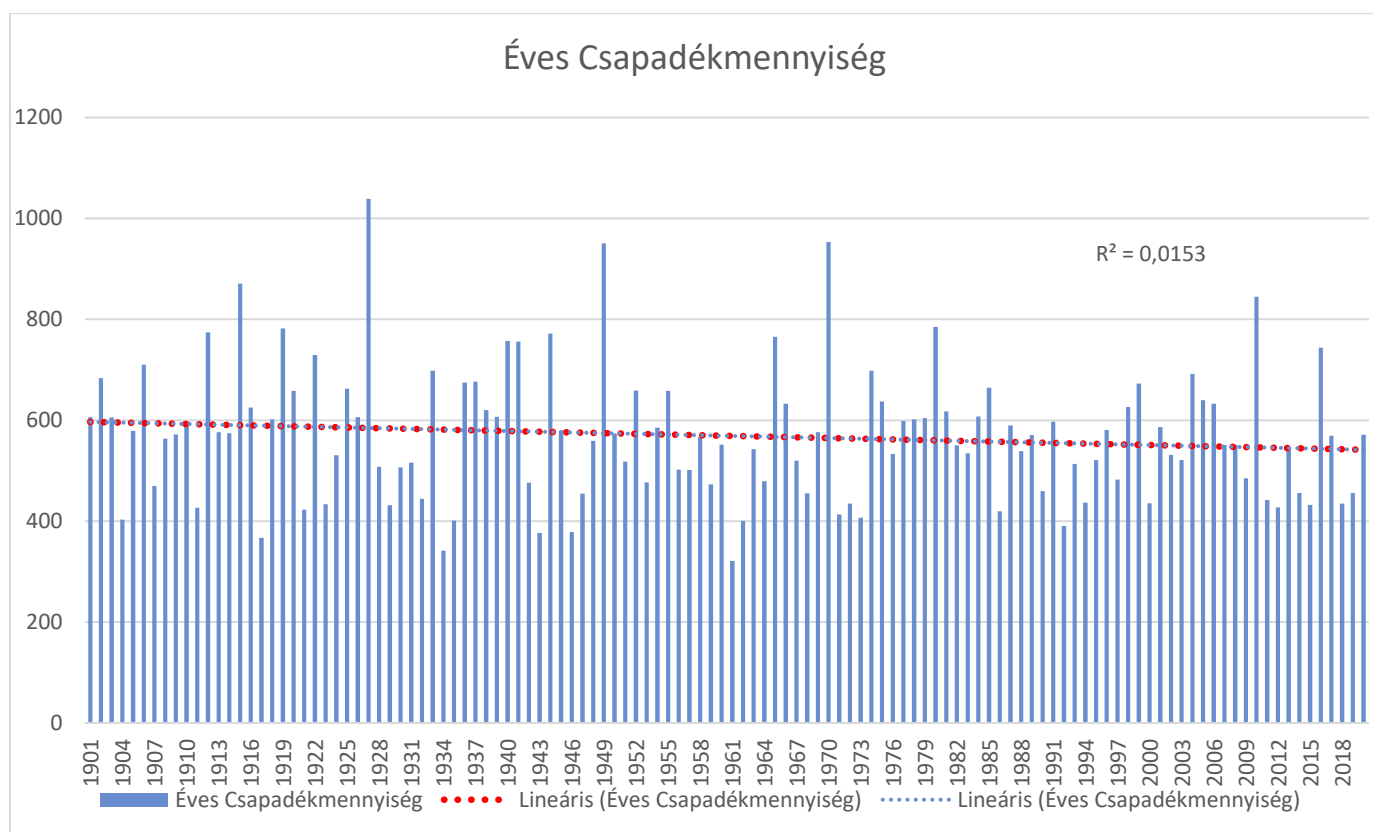
1. ábra. Részlet az Excel-táblázatban összeállított adatbázisból

Az adatfeldolgozás az eredmények fejezeteiben meglévő pontokhoz kezdtem el vizsgálni. Diagramok készítése volt az elsődleges számomra mivel azzal sok hasznos információt megtudhatok a további vizsgálataimhoz.

3.Eredmények

3.1. Az évi csapadékösszegek változása az 1901–2020-es időszakban

Az 1901-2024 közötti időszak amely magába foglal sok különös tényezőt a csapadékösszegek között. Vannak kiemelkedően csapadékos évek viszont elő fordulnak aszályos évek is.



2. ábra. Az évi csapadékösszeg változása Debrecenben az 1901–2020-as időszak során

A diagramon kék vonallal az egyes évek csapadékait láthatjuk, szaggatott vonallal pedig a lineáris átlagot figyelhetjük meg.

Az éves átlagok nem mutatnak folytonos tendenciát a csapadékmennyiségben. Viszont a lineáris egyenes alapján folyamaton csökkenés látható amely míg 1901-ben 600 mm tehető az a 2020-as évekhez érve megközelítőleg 550 mm-re csökkent. A lineáris trend korrelációs együtthatója -0,124-nek adódott, ami nem bizonyult szignifikánsnak 95%-os valószínűségi szinten.

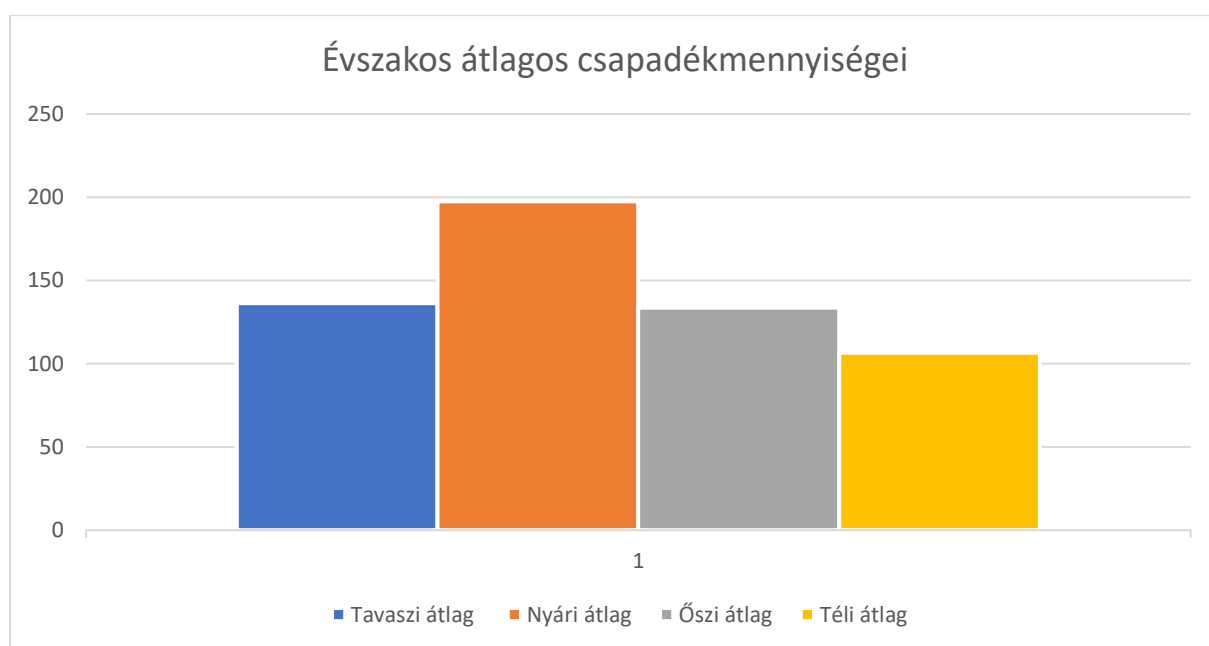
Ez a csökkenő tendencia hozzájárulhat: a mezőgazdasági aszályok gyakoriságának növekedéséhez, a talajvíz-utánpótlás csökkenéséhez, a vízgazdálkodási kockázatok növekedéséhez.

Noha a csökkenés mértéke nem drasztikus, statisztikailag érzékelhető és összhangban áll az Országos Meteorológiai Szolgálat országos tendenciáival, miszerint az évi csapadékösszeg kissé csökkent az Alföld középső és keleti részein (OMSZ, 2020).

Nagy csapadékingadozású időszak voltak ezek a 1920–30-as, illetve az 1940–50-es évek, amelyekhez gyakran kapcsolódnak aszályos és extrém csapadékos évek is.

Az 1970-es évek több csapadékos évet tartalmaznak, míg a 1990-es és 2000-es évek már inkább a szárazabb évek dominanciáját mutatják.

3.2. Az évszakok csapadékmennyiségének módosulása

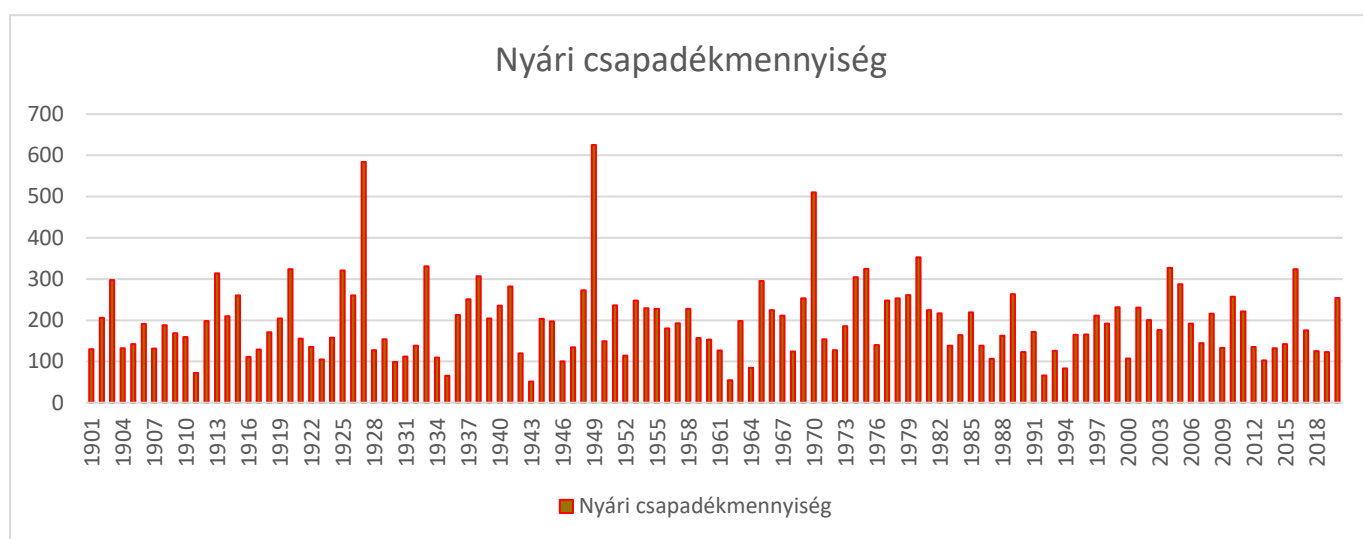


3. ábra. Évszakos átlagos csapadékmennyiségei 1901-2020 között.

A 20–21. század debreceni csapadékadatai alapján készült évszakos átlagdiagram jól szemlélteti az egyes évszakokra jellemző csapadékeloszlást. Az adatok szerint a nyári időszak bizonyult a legcsapadékosabbnak, közel 195 mm-es átlagértékkel, amelyet a tavaszi (~135 mm) és az őszi (~135 mm) időszak követ, míg a téli hónapok mutatják a legalacsonyabb értéket (~110 mm).

Ez az eloszlás összhangban van a térség kontinentális éghajlatával, ahol a csapadék nagyobb része a meleg évszakban, különösen a nyári hónapok során hullik le, gyakran záporok, zivatarok formájában (Bartholy, Pongrácz, 2007). A tavaszi és őszi csapadék közel azonos szinten alakul, ami a mérsékelt változó időjárásra utal ezekben az átmeneti évszakokban.

A téli hónapok alacsonyabb csapadékösszege a hideg levegő kisebb vízmegtartó képességével, illetve a gyakori fagyos, hóval borított időszakokkal magyarázható, amikor a lehulló csapadék mennyisége kisebb, és gyakran szilárd halmazállapotú (Szalai, 2011).



4. ábra. A csapadékösszeg változása Debrecen nyári időszakában az 1901–2020-as időszak során.

A nyári csapadékösszegek kiemelkedően magas értékeket mutatnak, és gyakran erősen ingadoznak:

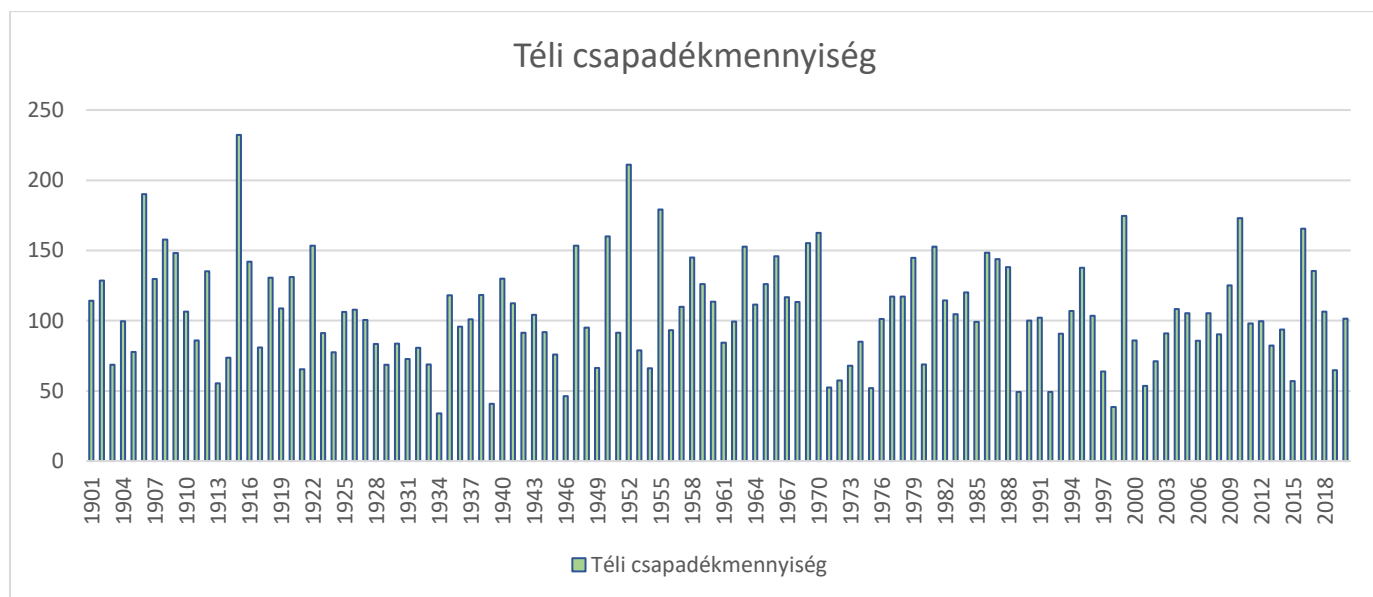
Többször fordul elő 300 mm-t meghaladó csapadékösszeg (pl. 1927, 1949, 1972, 2010). Ez az évszak mutatja a legnagyobb évenkénti szórást.

A csapadékeloszlás átrendeződése különösen a nyári időszakban válik szembetűnővé, amikor az intenzív csapadékesemények gyakran lokális villámárvizekhez vezetnek. (Pirkhoffer, Horváth, 2013)

A Debrecenben mért nyári csapadékmennyiség adatai (1901–2020) azt mutatják, hogy bár az évszázados átlag nem mutat egyértelmű növekedést vagy csökkenést, az éves értékek szélsőségei fokozódtak. A 20. század közepén és második felében több extrém csapadékos év is előfordult, ilyen például 1949, 1969 vagy 2004. Ezzel szemben az utóbbi két évtizedben az aszályos és nagyon csapadékos nyarak váltakozása egyre rendszertelenebb lett, ami a **csapadékeloszlás kiszámíthatatlanságára** utal. Ezek a tendenciák összhangban állnak a klímaváltozás következtében tapasztalható szélsőséges időjárási mintázatokkal (Bartholy, Pongrácz, 2007).

Ez összhangban van azzal, hogy Magyarországon a nyári időszakban gyakoriak a zivataros csapadékesemények és záporok, melyek akár extrém csapadékösszeget is eredményezhetnek rövid idő alatt (Bartholy, Pongrácz, 2007).

A nyári csapadék a legtöbb évben a legnagyobb mennyiséget adja az éves csapadékhoz, de kiszámíthatatlansága jelentős, ami növeli az aszályos időszakok és árvizek kockázatát.



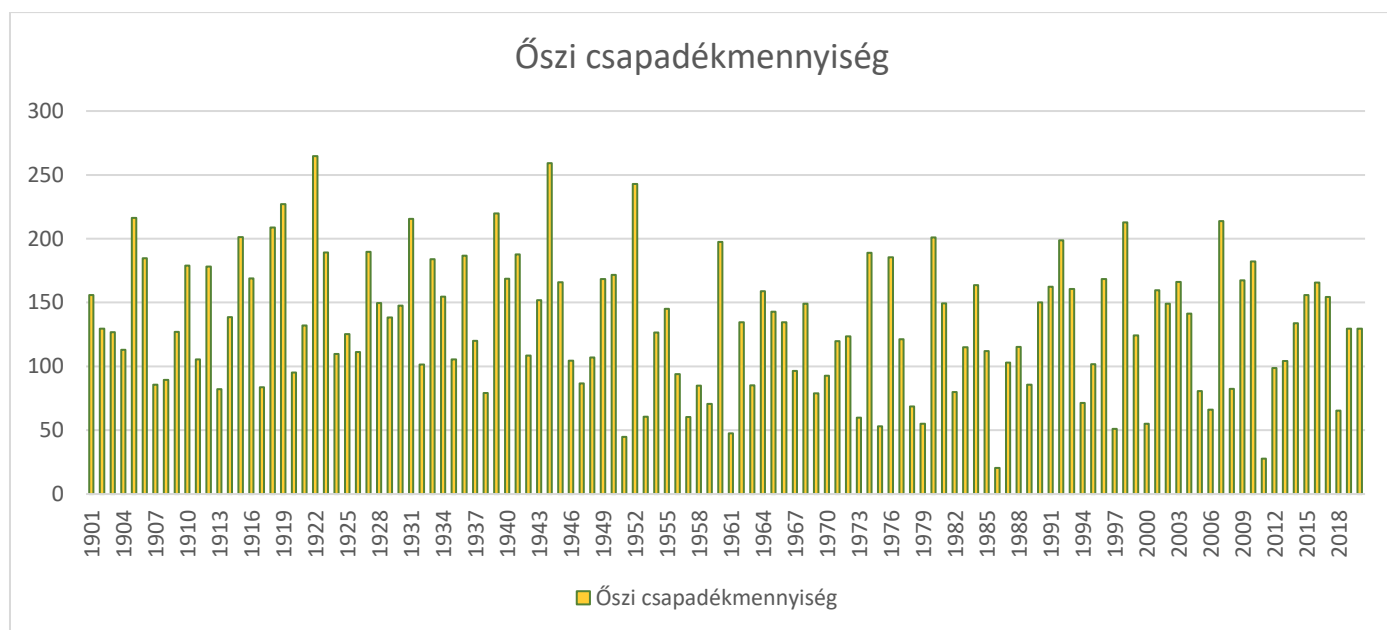
5. ábra. A csapadékösszeg változása Debrecen téli időszakában az 1901–2020-as időszak során.

A téli csapadék összességében a legalacsonyabb, jellemzően 50–150 mm közötti.

A téli értékek viszonylag stabilak, kevés kiugró év látható. A 20. század első felében valamivel több változékonyság figyelhető meg, de összességében a trend viszonylag állandó.

A Debrecenben mért téli csapadékmennyiség (1901–2020) jelentős évek közötti ingadozást mutat. A korai évtizedekben (pl. 1915, 1951) és a 21. század első évtizedeiben (pl. 2010, 2017) is előfordultak extrém csapadékos telek. A diagram alapján nem mutatható ki egyértelmű csökkenő vagy növekvő trend, ugyanakkor az elmúlt évtizedekben nőtt a szélsőségek gyakorisága és mértéke. Az éghajlatváltozás hatására egyre gyakoribb, hogy a téli csapadék **eső** formájában hullik, ezáltal csökken a hótakaró stabilitása és a vízmegtartás lehetősége a talajban. A téli csapadékváltozások így közvetetten befolyásolják a tavaszi vízháztartási viszonyokat is.

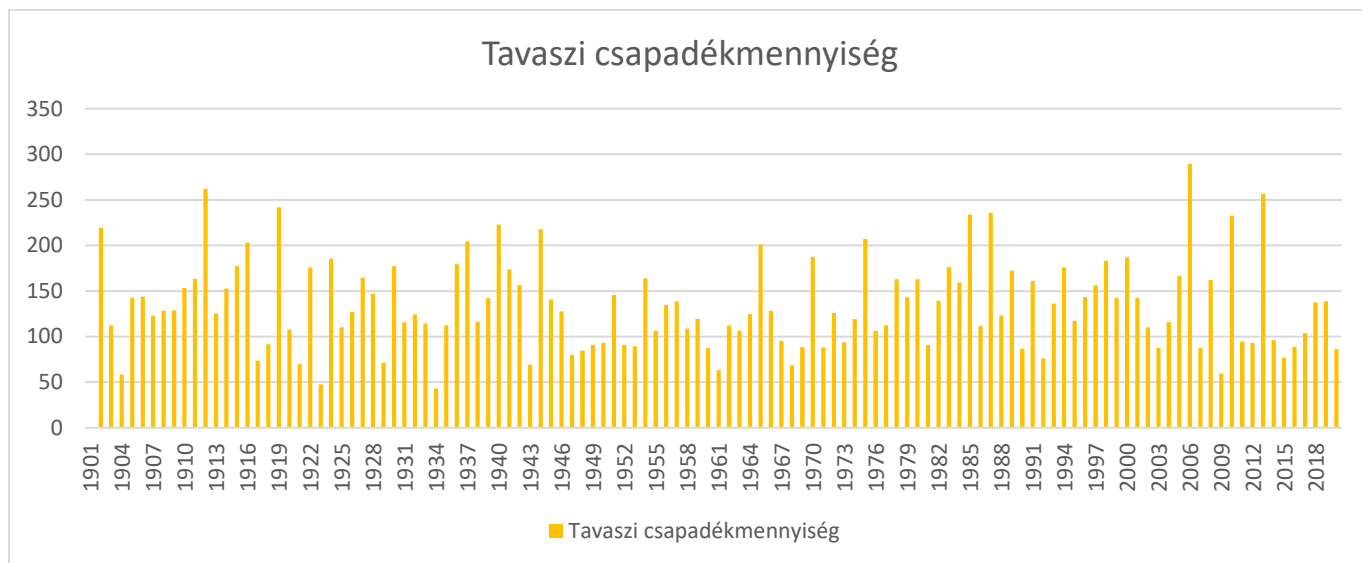
Ez megerősíti a magyarországi tendenciákat, miszerint a téli hónapok csapadéka döntően hó formájában hullott a múltban, azonban az elmúlt évtizedekben nőtt az eső aránya (Szalai, 2017), miközben az összcsapadék inkább csökkent vagy stagnált.



6. ábra. A csapadékösszeg változása Debrecen őszi időszakában az 1901–2020-as időszak során.

A Debrecenre vonatkozó őszi csapadékidősről alapján (1901–2020) megállapítható, hogy az évszak csapadékösszege jelentős ingadozást mutat. Az extrém csapadékos évek – mint 1923, 1952, 2006 vagy 2010 – mellett több, kimondottan száraz ősz is előfordult (pl. 1930-as, 1980-as évek egyes évei). A 21. század első két évtizedében az adatsor nem mutat egyértelmű növekvő vagy csökkenő trendet, viszont a szélsőségek fokozódása és az eloszlás hektikussága egyre jellemzőbb. Ez a klímaváltozás egyik gyakori következménye, mely

szerint a csapadék mennyisége helyett annak intenzitása és időbeli koncentráltsága módosul jelentősen (Bartholy, Pongrácz, 2007).



7. ábra. A csapadékösszeg változása Debrecen tavaszi időszakában az 1901–2020-as időszak során.

A Debrecenre vonatkozó 1901–2020 közötti tavaszi csapadékadatok alapján elmondható, hogy az évszak csapadékösszege jelentős kilengéseket mutat. Az adatsorban extrém csapadékos tavaszok (pl. 1912, 1987, 2007) mellett száraz időszakok (pl. 1935, 2012) is megfigyelhetők. A 21. század első két évtizedében a tavaszi csapadékmennyiség eloszlása egyre változékonyabbá vált. Ez arra utal, hogy a klímaváltozás hatására a csapadék nem feltétlenül mennyiségében, hanem eloszlási mintázatában módosul, amely közvetlen hatással van a tavaszi talajvízellátásra, mezőgazdasági munkákra és az ökológiai folyamatokra (Bartholy, Pongrácz, 2007).

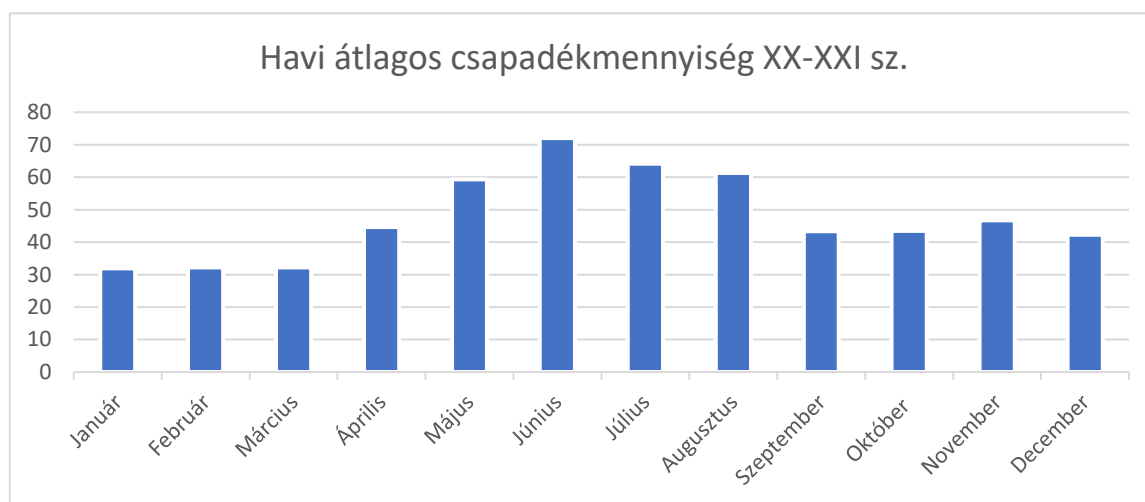
A tavaszi és őszi csapadékértékek: Nagyrészt 100–200 mm között mozognak,

Vannak szélsőséges évek (pl. 1915 tavasza vagy 1937 ősze), de általában nem érik el a nyár csúcsait. A két évszak csapadéka mérsékelt, de fontos agronómiai szerepet játszik, különösen a vetés, kelés és őszi munkák idején.

Kutatások szerint a tavaszi és őszi csapadék alakulása szoros kapcsolatban van a mezőgazdasági terméseredményekkel, különösen a búza és a kukorica esetén (Pongrácz, 2009).

Az évszakos eloszlás változásának vizsgálata a 20. és 21. század során rámutat arra, hogy a nyári csapadékmennyiség a globális klímaváltozás hatására nem feltétlenül nőtt, inkább a szélsőségek gyakoribbá válása jellemző, vagyis egyes években jelentős záporos időszakok jelentkeztek, máskor pedig aszályos nyarak fordultak elő (Pongrácz, 2009).

3.3. Változások a havi csapadékatlagokban 1901–2024-ben



8. ábra. Havi átlagos csapadékmennyiség XX-XXI sz.

A legalacsonyabb havi csapadéértékek január (~32 mm), február (~32 mm) és március (~31 mm) hónapokban figyelhetők meg. Ezekben a hónapokban a hideg levegő alacsony víztartalma, valamint a gyakoribb fagyos napok miatt a csapadék mennyisége kisebb, és gyakran szilárd halmazállapotban (hó formájában) hullik le (Szalai, 2011).

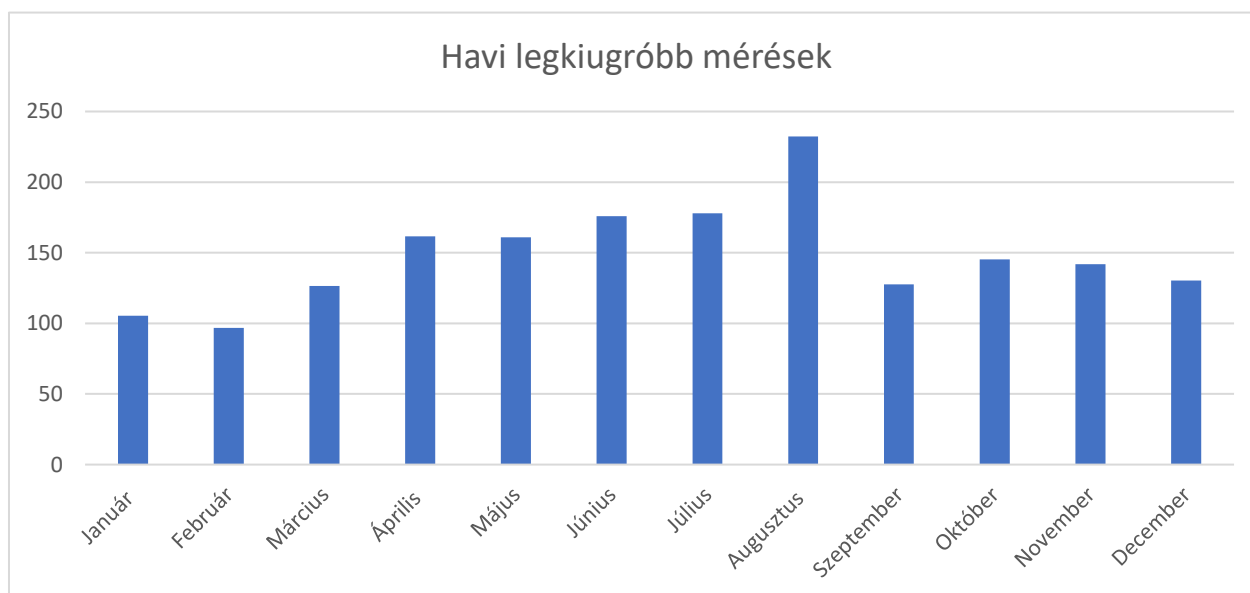
Április (~45 mm) és különösen május (~59 mm) hónapban jelentős csapadéknövekedés tapasztalható, amely a vegetációs időszak kezdetére fontos hatással van. A csapadékos május előkészíti a nyári maximumot, és fontos szerepet játszik a mezőgazdaság szempontjából.

A legnagyobb havi átlagos csapadékmennyiség június hónapban figyelhető meg (~72 mm), amelyet július (~64 mm) és augusztus (~60 mm) követ. Ez a nyári csapadékmaximum jellegzetes a mérsékelt kontinentális éghajlatú térségekben, mint amilyen Debrecen is. A nyári csapadék intenzív záporok, zivatarok formájában jelentkezik, amelyek kialakulását a magasabb hőmérséklet és a fokozott párolgás segíti elő (Bartholy, 2007).

Szeptembertől novemberig a csapadék mennyisége csökken (~42–47 mm között), de nem drasztikusan. Az őszi csapadék jellemzően egyenletesebb eloszlású, csendes esők formájában hullik, különösen október–novemberben.

3.4. Módosulások az extrém csapadéértékek előfordulásában

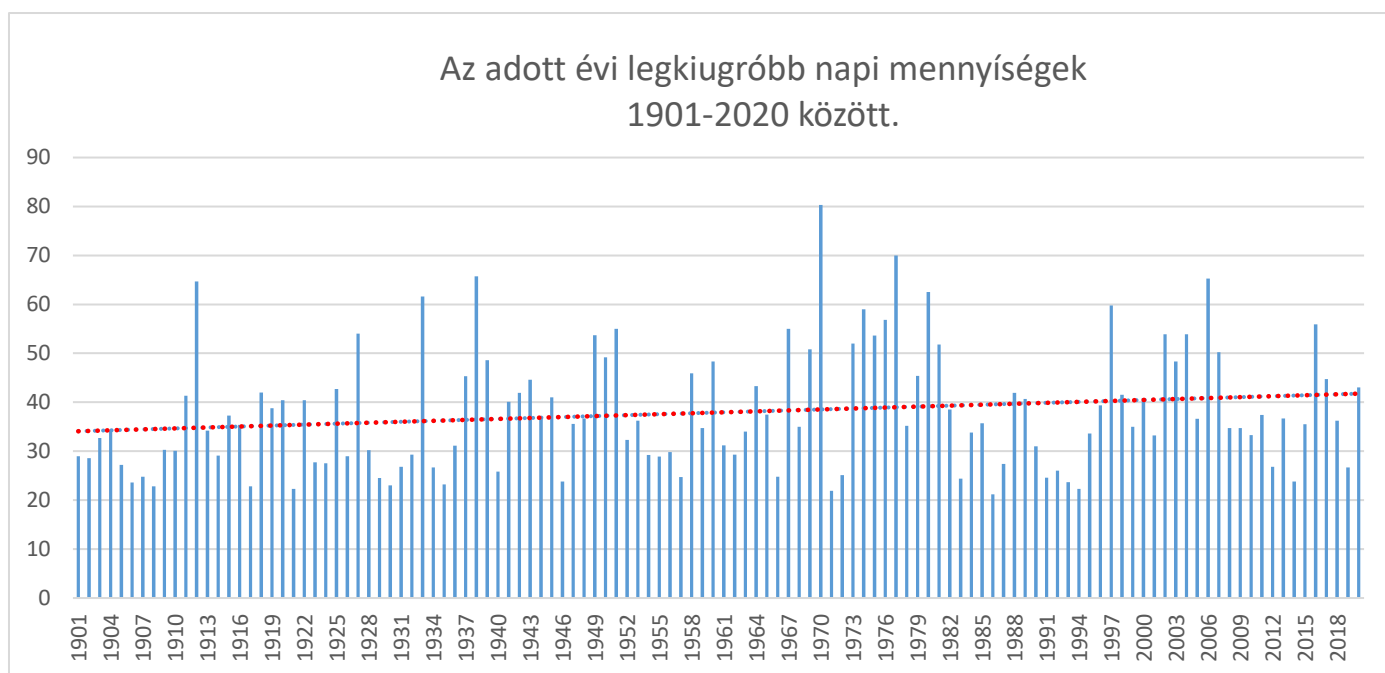
A 20–21. századi debreceni éghajlati adatok alapján az éves csapadékmennyiség enyhe csökkenő trendet mutat, ugyanakkor az adatsorban jelentős évek közötti ingadozás figyelhető meg. Véleményem szerint az ilyen változékonyság növekedése összhangban áll a globális és regionális klímamodellek előrejelzéseivel, miszerint a klímaváltozás következtében a csapadék eloszlása egyre inkább szélsőséges jelleget ölt.



9.ábra. Havi legkiugróbb átlag 1901-2020 között.

A napi legnagyobb csapadékmennyisége amelyek extrémén kimagaslanak több esetben az 1970-es években többször is előfordultak, a legmagasabb ezek közül 1970 augusztus 8. mikor is a napi csapadékmennyiség a 80,3 mm érte el, ez bizonyult a vizsgált időszak legcsapadékosabb napjának.

A szélsőséges csapadékesemények nemcsak a mezőgazdasági termelést, hanem a közlekedési infrastruktúrát is veszélyeztetik. (Mészáros, 2009)



10.ábra. Az adott évi legkiugróbb napi mennyiségek 1901-2020 között.

A Debrecenre vonatkozó 1901–2020 közötti adatsor azt mutatja, hogy az egyes évek legnagyobb napi csapadéértékei jellemzően 20 és 50 milliméter között alakultak. A hosszú időtávú vizsgálat során ugyanakkor több olyan év is megfigyelhető, amelyben az érték jelentősen meghaladta ezt a tartományt.

A 1965-ös év kiemelkedik az egész időszakból, ekkor a legnagyobb napi csapadékösszeg közelítette a 80 millimétert, ami különösen intenzív csapadékeseményre utal. A 20. század első felében az extrém napi értékek ritkábban lépték túl az 50 mm-t, viszonylag kiegyensúlyozottabb időjárási viszonyokat jelezve.

A második világháborút követő évtizedekben azonban egyértelművé vált az extrém események gyakoriságának növekedése: az 1970-es és 1980-as években is előfordultak 60 mm fölötti csapadékos napok. A szakirodalom szerint ez összhangban áll a régióban tapasztalt melegedéssel és az ezzel járó nagyobb vízpára-tartalommal, ami fokozza a heves csapadékhullások lehetőségét (Bartholy, Pongrácz, 2007).

A 21. század első két évtizedében ugyan a rekordértékek nem haladják meg az 1960-as évek csúcsait, mégis megfigyelhető a változékonyság erősödése. A nagy mennyiségű csapadék gyakrabban koncentrálódik egy-egy napra, míg máskor hetekig is csapadékmentes időszakok uralkodhatnak. Ez a tendencia a csapadékeloszlás egyenetlenségét erősíti, ami új

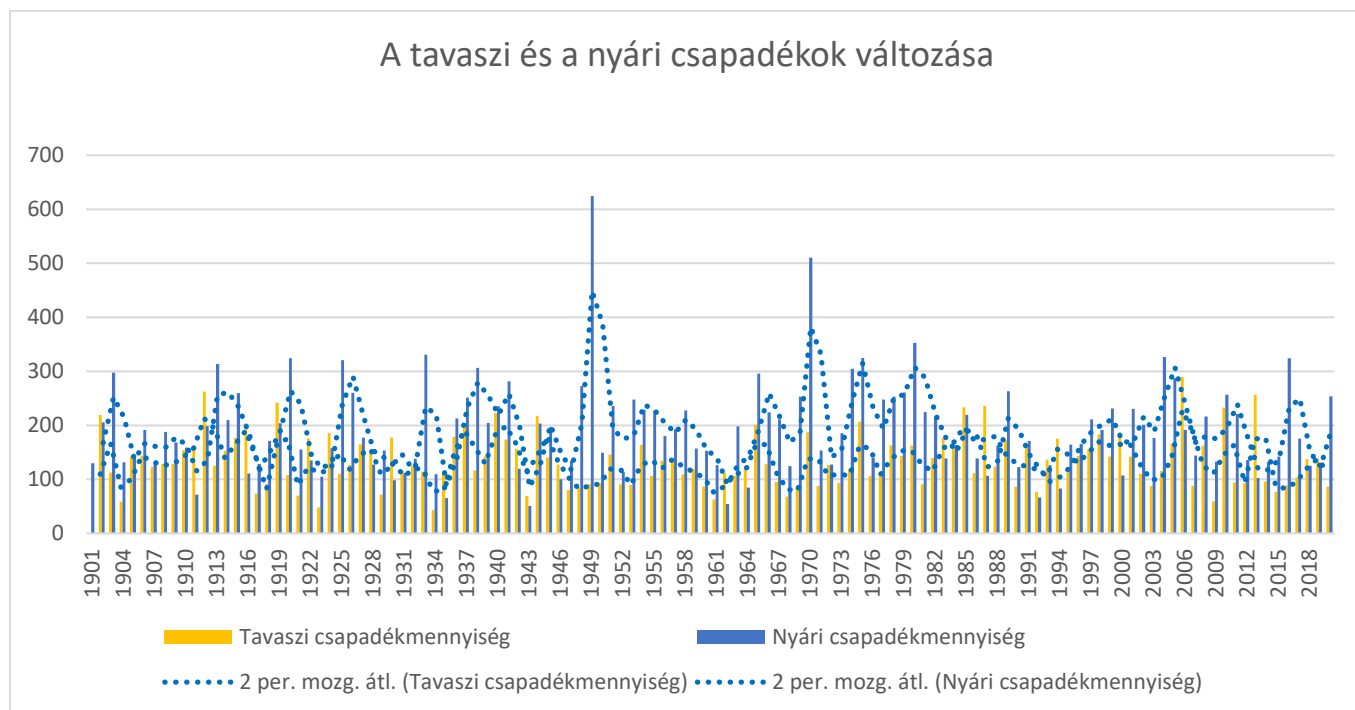
kihívásokat jelent a vízgazdálkodás, a mezőgazdaság és a városi infrastruktúra számára (Pongrácz, Bartholy, Kis, 2009).

A rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék a talaj telítettsége miatt felszíni lefolyást eredményez, amely hozzájárulhat az árvizekhez, vízlefolyási károkhoz és a termőföld eróziójához. Ezen jelenségek gyakoriságának növekedése egyértelmű jele a térség csapadérendszerének átalakulásának.

3.5 Az aszályos időszakok gyakoriságának módosulása

A tavaszi és nyári csapadékösszegek vizsgálata Debrecen térségében alapvető jelentőségű a vegetációs időszak vízellátásának megértéséhez. A két évszak eltérő hidrológiai szerepet tölt be: míg tavasszal a talaj vízkészletének pótlása a domináns, nyáron a növényzet transzspirációja és a magasabb hőmérséklet miatti párolgás következtében intenzívebb vízigény lép fel.

A Debrecen környéki térségekben a klímaváltozás hatására az öntözés szerepe felértékelődik, különösen a tavaszi és nyári csapadékhiány következtében. (Csatári, 2008)



ábra.11. A tavaszi és a nyári csapadékok változása Debrecen területén 1901-2020 között.

A 1901–2020 közötti idősor alapján elmondható, hogy mind a tavaszi, mind a nyári csapadékmennyiségek jelentős évenkénti ingadozást mutattak. A nyári csapadék esetében több extrém kiugró év is megfigyelhető (pl. 1927, 1949, 1970, 2005), amikor az érték meghaladta az 500–600 mm-t. Ezek az évek a nyári zivataros csapadéktevékenység rendkívüli erősödésére utalnak.

A regionális klímamodellek alapján a csapadék tér-időbeli eloszlása a jövőben várhatóan tovább tolódik a nyári időszak felé, miközben a tavaszi vízhiány valószínűsége is növekedni fog. (Szépszó, Pieczka, 2014)

A tavaszi csapadék időszora ezzel szemben kiegyensúlyozottabb, viszont az aszályos időszakok sokkal inkább a tavaszi értékek csökkenéséhez kapcsolódnak. Különösen az 1980-as évektől kezdődően több olyan év is megfigyelhető, amikor a tavaszi csapadék nem érte el a 100 mm-t, ami a vizsgálati küszöb alapján (135 mm-es sokévi átlag – Szalai, 2011) aszályosnak minősül.

A csapadékos napok számának csökkenése és az aszályos időszakok gyakoribb válása hazánkban komoly kihívást jelent a mezőgazdaság számára, különösen az Alföldön, ahol a vízhiány már középtávon is tartós termelési problémákhoz vezethet. (Jung, 2010)

Az ábrán szereplő kétperiódusos mozgóátlagok egyértelműen mutatják a hosszabb távú változásokat: a nyári csapadék esetén nagyobb amplitúdójú kilengések, míg a tavaszi értékeknél alacsonyabb, de gyakrabban visszatérő negatív anomáliák figyelhetők meg.

A 2000 utáni időszakban fokozódik az a tendencia, hogy a tavaszi és nyári csapadék közötti egyensúly megbomlik: miközben a nyári időszakban egyre több az extrém záporos esemény, a tavasz gyakran csapadékszegény marad. Ez a csapadékhiány különösen érzékenyen érinti a mezőgazdaságot, hiszen a növények kezdeti fejlődése ekkor történik, és a korai vízhiány visszafordíthatatlan hozamcsökkenéshez vezethet (Pongrácz, 2009).

A vizsgált időszakban 2000, 2012, 2015 és 2019 mind aszályos tavaszokat mutattak, ugyanakkor nyáron sem minden esetben történt kompenzáció. Ennek eredményeként teljes vegetációs időszakra kiterjedő vízhiány alakult ki, amely a termelési biztonságot hosszú távon is veszélyeztetheti. A csapadék egyre inkább koncentrált formában, rövid idő alatt hullik le, miközben a száraz időszakok hossza és gyakorisága is növekszik – ez a tendencia megfelel a globális és regionális klímamodellek előrejelzéseinek (IPCC, 2021).

4. Az eredmények alkalmazása az iskolai oktatásban

A klímaváltozás témája egyre hangsúlyosabban jelenik meg a köznevelés különböző szintjein, elsősorban a földrajz, környezetismeret és természetismeret tantárgyak keretében, de interdiszciplinárisan is fontos szerepet kap. A Debrecen térségére vonatkozó, 1901 és 2020 közötti csapadékadatok feldolgozása – különösen az évszakos csapadékmennyiség, az extrém értékek és az aszályos időszakok vizsgálata – kiváló lehetőséget biztosít arra, hogy a tanulók valós, helyi adatokkal dolgozzanak, és ezek alapján jobban megértsék a klímaváltozás lokális hatásait.

A klímaváltozás hatásaival kapcsolatos oktatás célja, hogy a fiatalok felismerjék a saját életükre gyakorolt következményeket, és ehhez alkalmazkodni tudjanak. (Botos, 2018)

A csapadékviszonyok módosulása különösen jól nyomon követhető az Alföld térségében, ahol a szárazodás jelei – például a talajnedvesség csökkenése, vagy a vegetáció stressztűrő típusainak előretörése – már lokálisan is kimutathatók (Mezősi, 2011).

A csapadék-adatsorokkal végzett munka alkalmas arra, hogy a tanulók fejlesszék természettudományos gondolkodásukat, adatértelmezési és digitális kompetenciáikat, valamint reflektáljanak a környezetüket érintő folyamatokra. A tanítás-tanulási folyamat során az éghajlati elemzések módszertani szempontból is előnyösek, mivel könnyen integrálhatók a projektpedagógia, kooperatív tanulás és digitális tanulási környezetek keretei közé (Pálvölgyi, 2019)

A szakdolgozat során végzett elemzések – különösen a tavaszi és nyári csapadékmennyiségek időbeli változása, az aszályos időszakok előfordulása és a szélsőséges csapadékesemények gyakoribbá válása – olyan valós, helyi adatokon alapuló eredmények, amelyek közvetlenül beépíthetők a köznevelés tanítási-tanulási folyamataiba.

A helyi vonatkozás pedagógiai előnye. A Debrecen térségére vonatkozó adatok felhasználása közvetlen térbeli és személyes kapcsolódást kínál a tanulók számára. A saját lakóhelyükre vonatkozó éghajlati trendek megismerése fokozza a tanulók érdeklődését és motivációját, miközben megalapozza a környezeti felelősségérzet kialakulását (Nagy, Farsang, 2020).

Az adatelemzés során kapott eredmények például az alábbi tanórai kérdésekhez nyújtanak megbízható, tudományos alapot:

Hány évenként fordul elő aszályos tavasz?

Változott-e az extrém nyári csapadék gyakorisága az elmúlt évtizedekben?

Milyen évszakban jellemzőbb a csapadékhiány? Mikor számíthatunk hirtelen záporokra?

Összefüggésbe hozhatók-e ezek a változások a globális klímaváltozás tendenciáival?

Ezek a kérdések nemcsak ismeretbővítést szolgálnak, hanem fejlesztik a kritikus gondolkodást, rendszerszintű látásmódot, valamint az adatértelmezési és következtetési készséget is.

A tanítás során alkalmazható felhasználási módok A dolgozatban szereplő eredmények tartalmilag és módszertanilag is adaptálhatók: A csapadék- és aszályváltozásokat bemutató diagramokat felhasználhatjuk földrajzórán, időjárás és éghajlat témakörben.

Az éghajlati nevelés hatékonysága nagymértékben növelhető interaktív, projektalapú tanulással, különösen ha valós meteorológiai adatokkal dolgoznak a diákok. (Tóth, 2017)

Az adatsor alapján összeállított kérdések irányított felfedezéssel tanulást tesznek lehetővé.

Az éghajlati diagramok értelmezése segít a tanulóknak a hosszú távú trendek felismerésében és a csapadékmennyiségek időbeli változásainak megértésében. (Zentai, 2015)

A tanulók önállóan vizsgálhatják meg más települések csapadékadatát, és hasonlíthatják össze a dolgozat eredményeivel. Készíthetnek interaktív térképeket, digitális prezentációkat a trendek bemutatására. A mozgóátlag, százalékos eltérés, aszályazonosítás Excelben vagy más táblázatkezelőben jól gyakoroltatható – ez különösen informatika tantárgyban hasznosítható.

A tanulók környezeti attitűdjeinek formálásában kiemelkedő jelentőséggel bír a helyi szintű klímaváltozás bemutatása. Kovács (2018) szerint az éghajlati folyamatok megértése és

feldolgozása az iskolai oktatásban hozzájárul a környezettudatos gondolkodás kialakulásához, különösen, ha a tanulók saját térségük adataival dolgozhatnak.

Az aszályos időszakok mezőgazdasági, ökológiai és társadalmi hatásai megjeleníthetők osztályfőnöki órán, etika vagy társadalomismeret keretében is, például vitaindítóként.

A tanulók attitűdje az éghajlati kérdésekkel kapcsolatban jelentősen javul, ha az oktatás során helyi példákon keresztül ismerkedhetnek meg a klímaváltozás hatásaival. (Bodor, 2016)

A csapadékváltozások helyi szintű vizsgálata hozzájárul a tanulók környezeti tudatosságának elmélyítéséhez. Az, hogy konkrétan meg tudják nevezni, hogy például Debrecenben mely évek voltak különösen szárazak vagy csapadékosak, elősegíti, hogy térben és időben is értelmezni tudják a klímaváltozás jelenségeit (Pálvölgyi, 2019).

A fenntarthatóságra nevelés egyik alapelve a tanulók bevonása saját környezetük vizsgálatába. Molnár (2016) hangsúlyozza, hogy az éghajlati adatokkal való tanórai munka hozzájárul az aktív tanulás kialakulásához, és erősíti a tanulók környezeti felelősségérzetét.

A saját vizsgálati eredmények értelmezése – különösen, ha ez tanulói részvétellel, közös elemzéssel történik – alkalmas arra, hogy a diákokban kialakuljon az aktív, cselekvő attitűd a környezet védelme és a fenntartható fejlődés érdekében.

Következtetés:

A dolgozatban bemutatott vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a Debrecen térségére vonatkozó csapadékviszonyok az elmúlt 120 évben jelentős változásokat mutattak, mind az éves, mind az évszakos eloszlás, valamint az extrém események gyakorisága tekintetében.

A teljes időszakra vonatkozó éves csapadékmennyiség enyhén csökkenő trendet mutatott, amely ugyan nem bizonyult szignifikánsnak, mégis hozzájárulhat a mezőgazdasági aszályok gyakoribbá válásához, a talajvízkészlet csökkenéséhez, valamint a vízgazdálkodási kihívások fokozódásához (Bartholy, Pongrácz, 2007).

Az évszakos csapadékeloszlás alapján a nyári időszak bizonyult a legcsapadékosabbnak, ugyanakkor ez az évszak mutatja a legnagyobb évenkénti változékonyságot is, beleértve az extrém záporokat, illetve a száraz nyarak gyakoriságának növekedését. A tavaszi csapadék kevésbé változékonyságú, de gyakori aszályos évek jellemzik, különösen a 2000 utáni időszakban (Szalai, 2011).

A Kárpát-medence klímája fokozott érzékenységet mutat a globális változásokra, különösen a csapadékviszonyok szempontjából. (Torma, 2012)

A tavaszi és nyári csapadék közötti kibillenő egyensúly szintén megfigyelhető: a növekvő nyári csapadékintenzitás nem mindig képes kompenzálni a tavaszi vízhiányt, amely a vegetációs időszak kezdetén különösen kritikus (Pongrácz, 2009). Az adatok alapján az aszályok gyakorisága és térbeli kiterjedése növekedett, míg az extrém napi csapadékhullások is gyakoribbá és intenzívebbé váltak, különösen az 1970-es évektől kezdődően.

Különösen fontos megállapítás, hogy az elmúlt két évtizedben a csapadék eloszlási mintázata vált kiszámíthatatlanná: egyes években rövid idő alatt lezúduló nagy mennyiségű csapadék jellemző, míg máskor tartósan száraz időszakok uralkodnak. Ez a jelenség összhangban áll a globális klímaváltozási trendekkel, amelyek szerint nem feltétlenül a csapadék mennyisége, hanem annak intenzitása és időbelisége változik (IPCC, 2021).

A vizsgálatok során kapott eredmények az iskolai oktatásban is alkalmazhatók. A Debrecenre vonatkozó valós, helyi adatok lehetőséget nyújtanak a tanulók számára a helyi klímafolyamatok megértésére, valamint a környezettudatos szemléletformálásra. A

diagramok, adatsorok és évszakos elemzések könnyen beépíthetők a földrajz, informatika, biológia, valamint etika és környezetismeret tantárgyak tananyagába, és alkalmasak kompetenciaalapú, interdiszciplináris tanulási környezet kialakítására (Nagy & Farsang, 2020; Pálvölgyi, 2019).

Összességében elmondható, hogy a Debrecenre vonatkozó évszakos csapadékváltozások elemzése értékes eszköze lehet az éghajlati folyamatok megértésének és tudatosításának, nemcsak a tudományos, hanem az oktatási szférában is. A kutatás eredményei segíthetnek a tanulók szemléletformálásában, és hozzájárulhatnak ahhoz, hogy aktív, környezettudatos állampolgárokká váljanak.

A PRUDENCE projekt keretében készült modellek szerint Magyarországon a csapadék szezonális eloszlása jelentősen átalakulhat. A nyári hónapokban erőteljesebb záporos csapadékok, míg a téli időszakban csökkenő csapadékmennyiség várható, ami hosszabb távon vízhiányos periódusokat eredményezhet (Gálos, 2007).

Összegzés:

A dolgozat célja a Debrecen térségére jellemző csapadékviszonyok évszázados változásának vizsgálata, különös tekintettel az évszakai csapadékeloszlás, az aszályos időszakok előfordulása, valamint a szélsőséges csapadékesemények gyakoribbá válásának tendenciájára. A kutatás 1901 és 2020 közötti adatokon alapul, amelyeket grafikus formában, valamint statisztikai mutatókon keresztül is elemzés alá vontam.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált időszak alatt a csapadékmennyiség jelentős évenkénti és évszakai változékonyságot mutatott. A nyári hónapok csapadékösszege általában a legmagasabb, ugyanakkor ezek mutatják a legnagyobb kilengéseket is, gyakoriak az extrém értékek. A tavaszi időszak ezzel szemben egyre gyakrabban bizonyul aszályosnak, különösen a 21. század első két évtizedében. A kutatás kimutatta, hogy az extrém csapadékesemények gyakorisága növekedett, és a csapadék eloszlása időben egyre koncentráltabbá vált, ami összhangban van a klímaváltozással kapcsolatos előrejelzésekkel.

A dolgozatban az éghajlati adatelemzés nemcsak kutatási célokat szolgál, hanem nevelési szempontból is kiemelkedő jelentőségű. A bemutatott adatsorok és elemzések lehetőséget kínálnak a köznevelés különböző szintjein történő alkalmazásra, ahol a tanulók valós adatokon keresztül sajátíthatják el az éghajlati folyamatok értelmezését, és alakíthatják ki környezettudatos gondolkodásukat. A dolgozatban bemutatott módszerek hozzájárulnak a digitális, természettudományos és kritikai kompetenciák fejlesztéséhez is, ezáltal támogatva a fenntarthatóság pedagógiáját.

Резюме

Метою дипломної роботи є аналіз змін режиму опадів у місті Дебрецен упродовж XX–XXI століть, з особливим акцентом на сезонний розподіл, частоту посушливих періодів та появу екстремальних кліматичних явищ. Дослідження базується на метеорологічних даних Угорської метеорологічної служби за період 1901–2020 років. У межах аналізу були побудовані графіки зміни річної та сезонних кількостей опадів, розраховані середні багаторічні значення, відхилення від кліматичної норми, а також визначено роки з посушливою весною або інтенсивними літніми опадами.

Отримані результати свідчать про значну мінливість кліматичних умов протягом досліджуваного періоду. Весняні опади все частіше виявляються нижчими за середні багаторічні значення, особливо з початку XXI століття, що вказує на зростання частоти метеорологічної посухи. У той самий час літні місяці характеризуються як періодами нестачі вологи, так і короткочасними, але інтенсивними опадами, які часто перевищують 500–600 мм за сезон. За останні десятиріччя (наприклад, у 1997, 2006, 2015 роках) зафіксовано екстремально високі добові значення опадів, що підтверджує збільшення кількості екстремальних явищ.

Визначено, що розподіл опадів у часі став менш передбачуваним, а їхня інтенсивність – вищою. Це є типовим проявом кліматичних змін, описаних і в міжнародних дослідженнях, зокрема у звітах МГЕЗК (ІРСС). Змінюється не лише кількість опадів, але й структура їх випадіння, що впливає на сільське господарство, управління водними ресурсами та природні екосистеми.

У роботі також розглянуто потенціал використання таких кліматичних аналізів у системі освіти. Дані, що стосуються місцевих умов, є актуальними для розвитку екологічної свідомості учнів, сприяють формуванню навичок критичного мислення, роботи з реальними даними, інтерпретації діаграм, використання цифрових інструментів. Актуальність дослідження обумовлена не лише науковим, але й педагогічним значенням теми, адже кліматична освіта — важливий компонент сталого розвитку.

Felhasznált irodalom:

Internetes források:

Országos Meteorológiai Szolgálat. (n.d.). Debrecen napi éghajlati adatsorai. Elérhető: https://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Debrecen/adatok/napi_adatok/index.php

Magyar Elektronikus Könyvtár. (n.d.). Debrecen természeti földrajza. Elérhető: <https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/102.html>

Nyomtatott források:

1. Ács, F., & Breuer, H. (2014). Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. Budapest: ELTE.
2. Bartholy, J., & Pongrácz, R. (2007). Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57(1–2), 83–95.
3. Bihari, Z. (2010). Szélsőséges csapadékesemények tér- és időbeli változásai Magyarországon. *Légekör*, 55(2), 4–10.
4. Bodnár, L. (2012). Belvizek és aszályok váltakozása a Tiszántúlon. *Földrajzi Értesítő*, 61(1), 77–89.
5. Bodor, P. (2016). A helyi példák szerepe a környezeti nevelésben. *Iskolakultúra*, 26(10), 84–92.
6. Botos, K. (2018). A klímaváltozás témaköre a középiskolai oktatásban. *Fenntarthatóság és Oktatás*, 5(1), 17–25.
7. Csatári, B. (2008). A mezőgazdasági vízhasználat területi problémái az Alföldön. *Tájökológiai Lapok*, 6(1), 55–63.
8. Gálos, B., et al. (2007). Future climate scenarios for Hungary from the PRUDENCE project. *Időjárás*, 111(3), 123–137.
9. Jung, A. (2010). A csapadékeloszlás változásai és a mezőgazdaság sérülékenysége. *Közép-európai Éghajlati Tanulmányok*, 7(2), 45–52.
10. Justyák, J., & Tar, K. (1994). Debrecen éghajlata. Debrecen: Kossuth Lajos Tudományegyetem.
11. Kis, A., Pongrácz, R., & Bartholy, J. (2017). A csapadékkintenzitás változásai a Kárpát-medencében RCM modellek alapján. *Időjárás*, 121(2), 197–213.
12. Kovács, É. (2018). Az éghajlatváltozás oktatása és a tanulók környezeti attitűdjei. *Iskolakultúra*, 28(7–8), 92–103.

13. Lakatos, M., & Bihari, Z. (2011). A változó éghajlat néhány jellemzője Magyarországon az elmúlt évtizedek adatai alapján. *Légkör*, 56(3), 10–14.
14. Láng, I. (2005). Az éghajlatváltozás hazai hatásai és következményei. *Környezetvédelem*, 19(4), 3–9.
15. Lóki, J. (2020). Debrecen természetföldrajza. Debrecen: Debreceni Egyetem Földtudományi Intézet.
16. MAGYAR TERMÉSZETVÉDŐK SZÖVETSÉGE (2016). A magyar lakosság klímaváltozási attitűdvizsgálata. Budapest.
17. Mezősi, G. (2011). A szárazodás térbeli megjelenése és következményei Magyarországon. *Tájökológiai Lapok*, 9(1), 45–56.
18. Molnár, G. (2016). Fenntarthatóság és klímavédelem az iskolai nevelésben. *Köznevelés*, 72(5), 32–36.
19. Mészáros, R. (2009). A csapadék szélsőségeinek hatása a közlekedési hálózatra. *Közlekedéstudományi Szemle*, 59(6), 21–27.
20. Pirkhoffer, E., & Horváth, Á. (2013). Villámárvizek kialakulása és városi veszélyeztetettség. *Vízügyi Közlemények*, 95(3), 187–198.
21. Pongrácz, R., Bartholy, J., & Kis, A. (2009). Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Időjárás*, 113(3), 209–231.
22. Pálvölgyi, T., Bartholy, J., & Pongrácz, R. (2018). Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR): Éghajlati jellemzők változása 2021–2050 között. Budapest: BM OKF.
23. Péczely, Gy. (1969). Nyírség, Hajdúság éghajlata. In: *Tiszai Alföld* (pp. 152–165). Budapest: Akadémiai Kiadó.
24. Somogyi, Z. (2015). A klímaváltozás hatásai Magyarország természeti környezetére. *Földrajzi Közlemények*, 139(2), 115–131.
25. Szalai, S. (2011). Klímaváltozás 2011 – Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Budapest: Országos Meteorológiai Szolgálat.
26. Szépszó, G., & Pieczka, I. (2014). Klímamodell-szimulációk Magyarország éghajlati jövőképehez. *Időjárás*, 118(3), 231–250.
27. Szöllősi-Nagy, A. (2003). Városi vízgazdálkodás a klímaváltozás tükrében. *Vízügyi Szemle*, 85(4), 113–120.
28. Sándor, F., & Tamás, J. (2013). Temporal trends of precipitation in Debrecen (Hungary) in the period 1901–2011. *Acta Geographica Debrecina*, 47, 27–35.

29. Torma, C. (2012). A Kárpát-medence érzékenysége a globális éghajlati változásokra. Regionális Földrajzi Közlemények, 1(2), 33–41.
30. Tóth, G. (2017). Interaktív tanulási módszerek az éghajlati nevelésben. Új Pedagógiai Szemle, 67(5), 42–49.
31. Zentai, L. (2015). Térképolvasási és diagramértelmezési készségek fejlesztése földrajzórán. Geográfusok Évkönyve, 22, 99–107.

NYILATKOZAT

Alulírott, Varga Csaba, földrajz szakos hallgató, kijelentem, hogy a dolgozatomat a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskolán, a Földrajz és Turizmus tanszéken készítettem, földrajz diploma megszerzése végett.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon korábban nem védtem meg, saját munkám eredménye, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, táblázatok, szoftverek stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatomat a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola könyvtárában a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Hungarian College of Higher Education Ferenc Rakoczi II Transcarpathian

Заголовок

Зміни в режимі опадів в XX–XXI столітті на основі даних метеостанції м. Дебрецен (Угорщина)

Автор Науковий керівник / Експерт Варга

Чобо Чобович Стефан Молнар Д.

підрозділ

Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

10.27%

10.27%

КП 1

0.00%

0.00%

КЦ

25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

6389

Кількість слів

49472

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		14
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		26

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://szemle.unideb.hu/wp-content/uploads/01_L%C3%B3ki-Debrecen_BJ_t1xC1.pdf	154 2.41 %
2	https://szemle.unideb.hu/wp-content/uploads/01_L%C3%B3ki-Debrecen_BJ_t1xC1.pdf	109 1.71 %
	https://vmek.oszk.hu/02100/02185/html/102.html	74 1.16 %
3	https://szemle.unideb.hu/wp-content/uploads/01_L%C3%B3ki-Debrecen_BJ_t1xC1.pdf	67 1.05 %
4		
5	https://www.met.hu/eghailat/magyarorszag_eghailata/varosok_jellemzoi/Pecs/index.php	44 0.69 %

6	https://szemle.unideb.hu/wp-content/uploads/01_L%C3%B3ki-Debrecen_BJ_t1xC1.pdf	36 0.56 %
7	https://ojs.gi.sanu.ac.rs/index.php/zbornik/article/view/58	30 0.47 %
8	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Pecs/index.php	20 0.31 %
9	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/index.php	20 0.31 %
10	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/index.php	15 0.23 %

з домашньої бази даних (1.00 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	ЕКОЛОГІЧНЕ ВИХОВАННЯ В РАМКАХ ШКІЛЬНОГО ГЕОГРАФІЧНОГО ГУРТКА НА ОСНОВІ ВИЯВЛЕННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН 5/26/2025 Hungarian College of Higher Education Ferenc Rakoczi II Transcarpathian (Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II)	55 (5) 0.86 %
2	Дьормоті Олександр 5/24/2025 Hungarian College of Higher Education Ferenc Rakoczi II Transcarpathian (Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II)	9 (1) 0.14 %

з програми обміну базами даних (0.00 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з Інтернету (9.27 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://szemle.unideb.hu/wp-content/uploads/01_L%C3%B3ki-Debrecen_BJ_t1xC1.pdf	373 (4) 5.84 %
2	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Pecs/index.php	75 (3) 1.17 %
3	https://vmek.oszk.hu/02100/02185/html/102.html	67 (1) 1.05 %
4	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/index.php	35 (2) 0.55 %
5	https://ojs.gi.sanu.ac.rs/index.php/zbornik/article/view/58	30 (1) 0.47 %
6	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Szeged/index.php	6 (1) 0.09 %
7	https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Szombathely/index.php	6 (1) 0.09 %