

I.5. Klimatikus viszonyok

Budapest éghajlati viszonyainak alakulásában is egyértelműen megjelenik a globális klímaváltozás. 1901 és 2022 közötti időszakban mintegy 1,54 °C-os emelkedés mutatható ki Budapest évi középhőmérsékletének alakulásában. Ezzel párhuzamosan a napfénytartam évi összege az 1970-es évek kezdetétől nő.

Az átlagérték emelkedése mellett legalább annyira fontos a szélsőséges időjárási események gyakoriságának alakulása. Az Országos Meteorológiai Szolgálat éghajlati adatbázisában végzett elemzések szerint a nyári középhőmérséklet emelkedett a legnagyobb mértékben a múlt század eleje óta, ami a hőség hullámok sűrűbb előfordulásában is tükröződik; ezek gyakorisága az utóbbi 25 évben jelentősen nőtt.

A klimatikus jelenségek közül kiemelendő a nagymértékű városi hősziget-hatás. 2020-ban az évi átlagos felszínhőmérséklet-alapú hősziget-intenzitási érték, mely a városi és a városkörnyéki átlaghőmérséklet különbsége, délelőtt 1,13 °C, este 1,74 °C volt. A júniusi átlagos felszínhőmérséklet-alapú hősziget-intenzitási érték kiemelkedő: délelőtt 3,20 °C volt. A nyári időszakban a hősziget kiterjedése és intenzitása is jelentős: a főváros pesti oldalának meghatározó részén 3-7 °C-kal magasabb az átlaghőmérséklet, mint a városkörnyéki területeken.

A 122 éves idősorban 2022 a történelmi aszály éve volt – országos szinten a 17. legcsapadékszegényebbnek, míg Budapest belterülete a 23. legszárazabb évnek bizonyult. Budapesten 2022-ben volt az elmúlt 122 év 3. legszárazabb januárja, februárja 15., májusa a 7., júliusa a 10., októbere a 12. legszárazabb volt. Ugyanakkor a rekord alacsony értékek mellett a főváros belterületén 2022 szeptemberében kiemelkedően nagy mennyiségű csapadék hullott, 103,9 mm-ével a 7. legcsapadékosabb szeptembernek adódott.

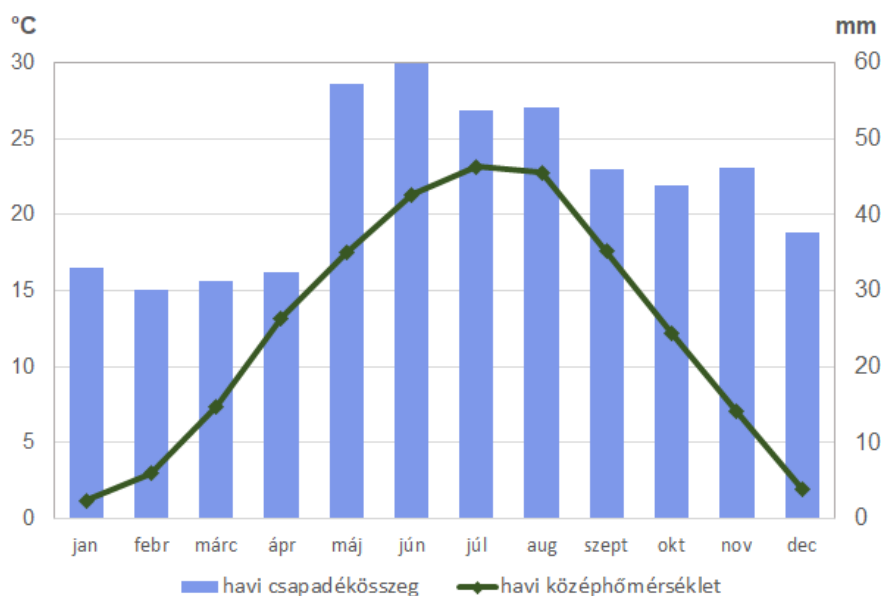


A városklíma állapotának leírása, jellemzése

Budapest **átmeneti éghajlatú**, mivel az **alföldi** és a **középhegységi területek határán** fekszik, és ez a körülmény a város klímáját nagymértékben befolyásolja.

Csapadék

Budapest átlagos évi csapadékösszege 526 mm – a legtöbb csapadék május és augusztus között hullik, míg a január és április közti időszak a legkevesbé csapadékos (lásd 1. ábra). A két szélsőérték között a különbség nagyjából kétszeres. Az alábbi ábrán látható, hogy a július-augusztus időszak nem tekinthető a legszárazabb időszaknak, ugyanakkor ezek a hónapok – a magas átlaghőmérsékletből fakadó nagy párolgási veszteség miatt – aszályosak is lehetnek.



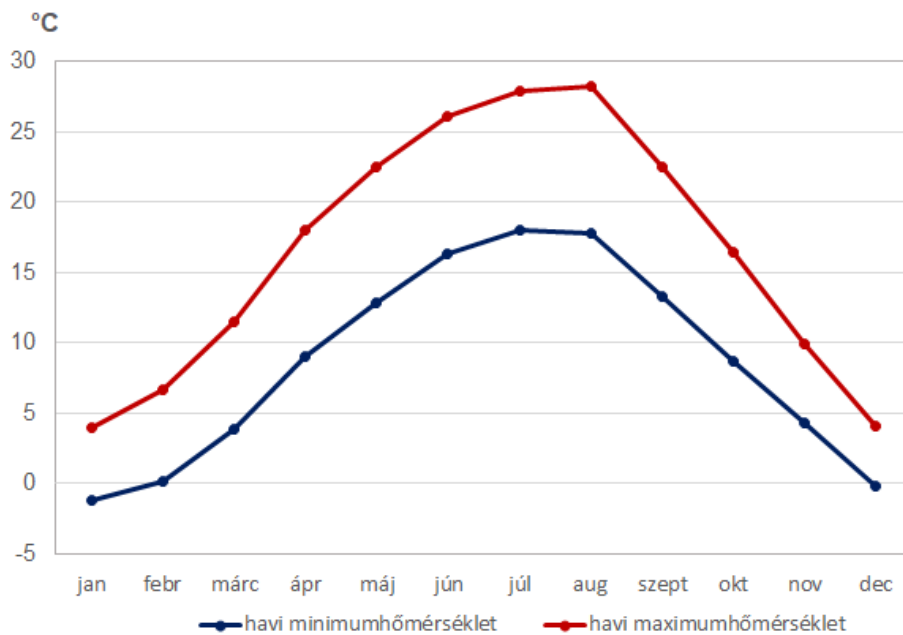
1. ábra: A havi csapadékösszeg Budapest belterületén szembesítve a havi középhőmérséklettel. Ezen az ún. Walter-Lieth diagramon a két mennyiség függőleges léptéke olyan, hogy a hőmérséklet egyszersmind a lehetséges párolgást is jellemezze átlagos mérsékeltövi viszonyok között. 1991-2020 között, homogenizált adatok alapján – lásd a Függelékben. (Forrás: OMSZ)

☞ Függelék F.1.

Hőmérséklet

Budapest belterületén az – 1991-2020 klímanormál szerinti – **évi középhőmérséklet 12,4 °C**. A napi hőmérséklet átlagosan július végén és augusztus elején a legmagasabb, míg januárban a legalacsonyabb. A nyári hónapok havi értékei 23 °C körül, míg a leghidegebb hónapok átlaghőmérséklete fagypont közelében alakul.

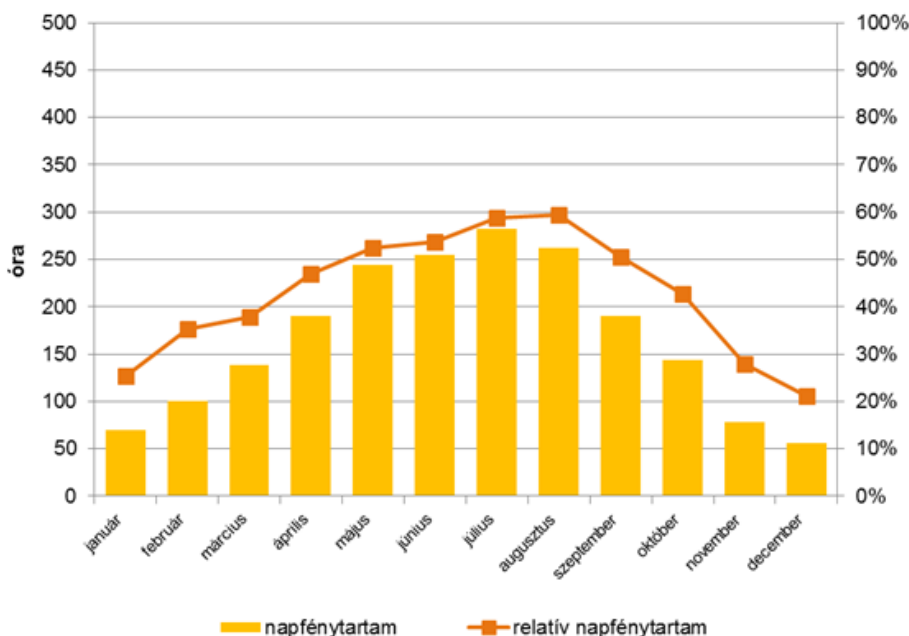
A hőmérséklet napi menetét érdemes a **legmagasabb nappali hőmérséklet** és a **legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet** alakulásával is jellemezni (lásd 2. ábra). A szélsőértékek e mutatókban is a július-augusztusi, illetve a december-februári időszakra esnek. A két görbe eltérése, azaz a napi hőmérsékleti ingás májustól augusztusig a legnagyobb, november és január között pedig a legalacsonyabb. A legnagyobb ingás meghaladja a 10 °C-ot, míg a legkisebb ingás ennek körülbelül a fele.



2. ábra: A legmagasabb nappali hőmérséklet (maximumhőmérséklet) és a legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet (minimumhőmérséklet) átlagos évi menete Budapest belterületén, 1991-2020 között, homogenizált adatok alapján. (Forrás: OMSZ)

Napsütés

A 3. ábra a napsütéses órák számának havi értékeit mutatja be, együtt ábrázolva az ún. **relatív napfénytartammal**, ami a **műholdas mérésekből számított** napos órák számának és a csillagászatilag **lehetséges napsütéses órák számának** (a nappalok hosszának összege) **hányadosa**. Ez az érték akkor lenne 100 %, ha soha nem takarná felhő a Napot. A nappalok közismert módon júniusban a leghosszabbak, és decemberben a legrövidebbek. A relatív napfénytartam maximuma júliusra (59%) és augusztusra (64%), a minimuma decemberre (28%) esik. A nappal hosszának és a felhőzetnek az összjátéka júliusban adja a legtöbb (285 óra), míg decemberben a legkevesebb (73 óra) napos órát. A napsütéses órák évi száma Budapest belterületén – az 1991-2020-es időszak átlagát tekintve – 2231 óra, míg a magyarországi átlag 2115 óra.

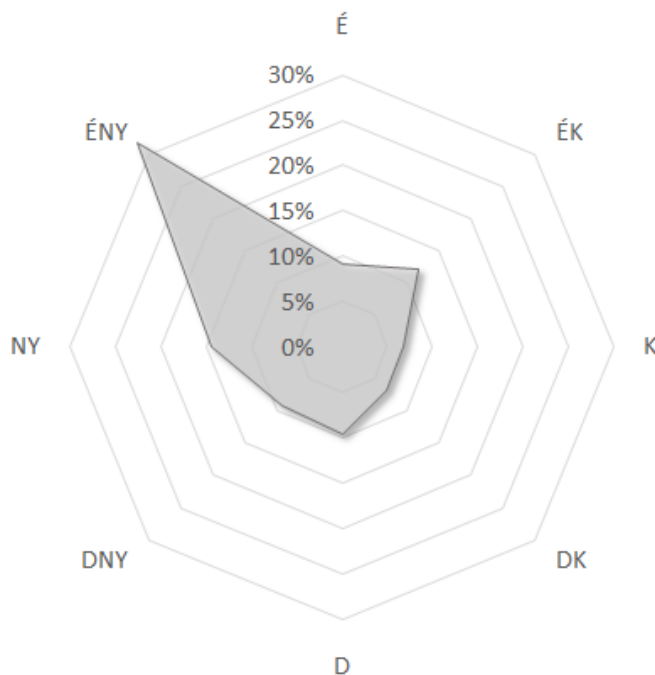


3. ábra: A napsütéses órák számának alakulása óra/hónap értékben, szembesítve ezen értékek és a csillagászatilag (derült időben) lehetséges napfénytartam hányadosával (%). 1991-2020, műholdas adatok alapján. (Forrás: OMSZ)

Szélviszonyok

Budapesten két helyi szélrendszerrel kell számolni. Az egyik a városi hőszigetvel összefüggő városi cirkuláció, ami akkor figyelhető meg leginkább, amikor a belváros és a külterületek közötti hőmérséklet különbség számottevő. A másik eleme a fővárosi cirkulációs rendszernek a Budai-hegységhez kapcsolódó hegy-völgyi szél. Ez nappal a völgy felől, éjszaka viszont a hegy felől fúj. Ez a helyi levegőáramlás is csak akkor érvényesül, mikor a fronthatás nem jellemző.

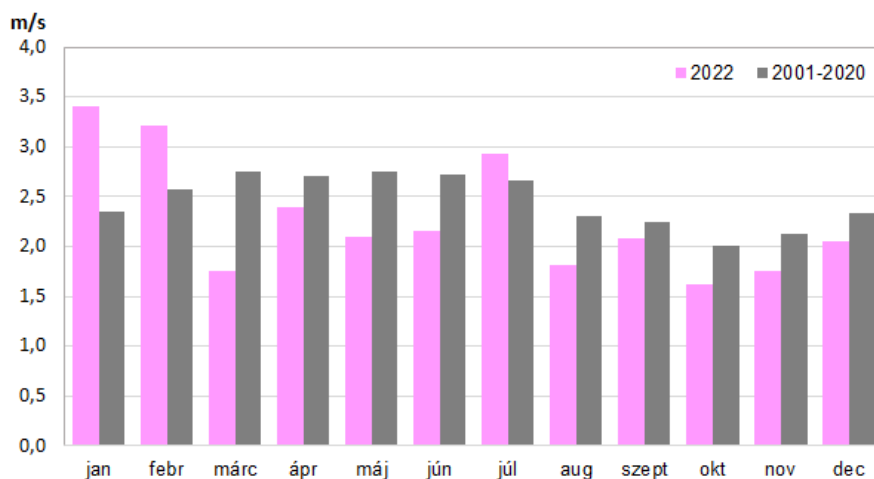
A nagytérségű cirkulációval is összefüggő, 8 szélirány szektorra számított széliránygyakoriságot a 4. ábra mutatja be.



4. ábra: A fő szélirányok átlagos relatív gyakoriságát (%) tükröző szélrózsa Budapest belterületén homogenizált adatok alapján (2001-2020). (Forrás: OMSZ)

A budapesti térség **uralkodó széliránya az északnyugati (kb. 32%)**, a 2001-2020-as időszak alapján. Jelentőségben ezt követi a nyugati (kb. 14,5%) és az északkeleti (12%) szélirány. A délies és a keleties szelek részaránya alacsony (egyenként 7-9%). A **szélcsendes időszakok** aránya mintegy **2%**. Az **északnyugati szélirány nem budapesti sajátosság** (nem a két fent említett helyi szélrendszer eredménye), annak túlsúlya máshol is igen gyakori a Kárpát-medencében.

Az átlagos **szélsebesség** éves menetét az 5. ábra tükrözi, melyen feltüntettük a legutóbbi, 2022-es évet annak érzékeltetésére, hogy egy-egy évben a szélsebesség alakulása a sokévi átlagtól nagyon is eltérhet. Általánosságban elmondható, hogy a tavaszi hónapok a legszelesebbek, míg októberre-novemberre várható a szélsebesség minimuma. Ezzel szemben 2022-ben, januárban és februárban az átlagoshoz képest magasabb a havi átlag, míg a márciusi szélsebesség havi értéke 36%-kal maradt el az ilyenkor megszokottól.



5. ábra: A szélesség változása Budapest belterületén – a példaként kiválasztott 2022-es évben a havi középértékek is erősen eltértek a sokévi átlagtól. (Forrás: OMSZ)

A 2006-2022 évek szélátlagát és éves mediánjait az 1. táblázat szemlélteti. Kiemelendő a 2007 és 2017-es évek, amikor a vizsgált időszakon belül a legmagasabbnak adódott az évi szélátlag (2,6 m/s), illetve a legalacsonyabb szélességértékek 2014-ben, és 2018-ban fordultak elő Budapest belterületén. A teljes időszak átlaga és mediánja egyaránt 2,4 m/s, melytől kismértékben tért el a 2022-es évi átlag, illetve medián.

Év	Átlag [m/s]	Medián [m/s]
2006	2,29	2,36
2007	2,60	2,64
2008	2,46	2,42
2009	2,47	2,29
2010	2,44	2,39
2011	2,36	2,35
2012	2,54	2,58
2013	2,40	2,34
2014	2,22	2,22
2015	2,35	2,45
2016	2,39	2,43
2017	2,60	2,59
2018	2,22	2,19
2019	2,49	2,61
2020	2,41	2,24
2021	2,46	2,54
2022	2,27	2,09

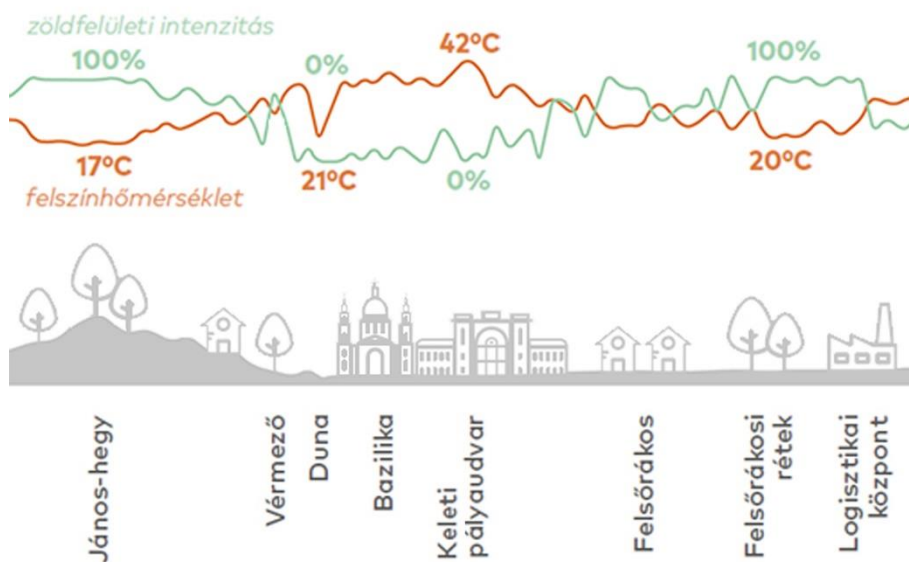
1. táblázat: Budapest belterület szélességének éves átlagai és mediánjai 2006 és 2022 között (Forrás: OMSZ)

Hősziget-hatás

A városklíma szempontjából kitüntetett figyelmet érdemel a **hősziget-jelenség** és az ehhez kapcsolódó, az előző fejezetben említett sajátos légköri rendszer. Az előbbi a **városi területek magasabb hőmérsékletét**, az utóbbi pedig a **melegebb területek fölött feláramlást**, illetve a **város hűvösebb pereme felől a központ felé mutató felszín-közeli légmozgást** jelenti.

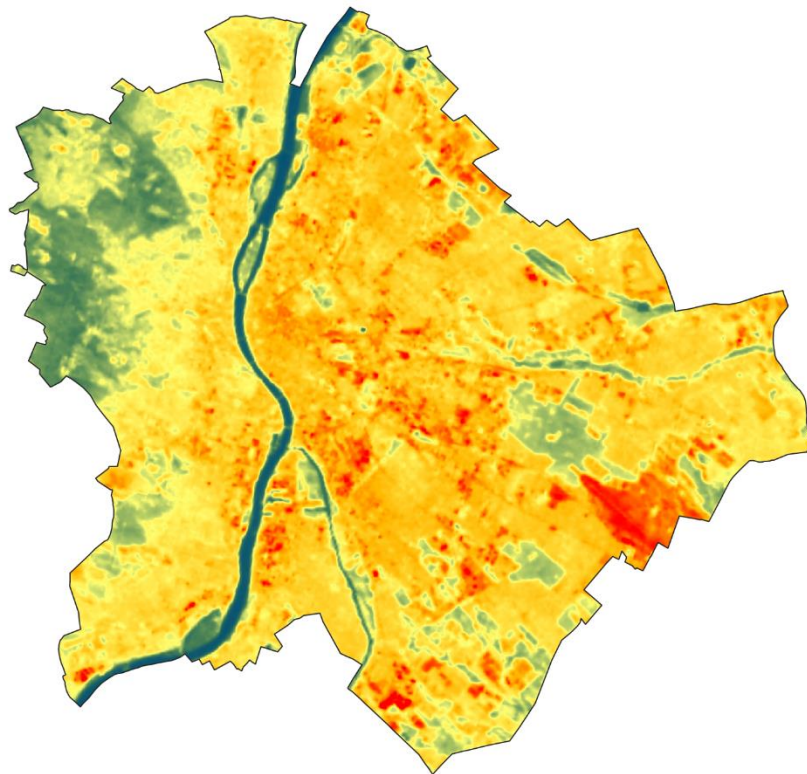
A hőmérsékletet a sugárzási viszonyok, a felszín tulajdonságai és a légköri folyamatok együttesen alakítják ki. A **sűrűn beépített területek hőmérséklete több fokkal magasabb** a jelentős zöldfelületekkel rendelkező külső területeken mérhető értékénél. A sötétebb, azaz több napfényt elnyelő burkolt és beépített felületek kisugárzó hatása a felület melegedési folyamatait elnyújtja, ezáltal nagymértékben befolyásolja a felszín hőmérsékletét (A különböző felületek felszínhőmérsékletének vizsgálatát a Függelék tartalmazza). Emellett a lehulló csapadék nagy része is elfolyik a csatornarendszerbe, vagyis a nagyvárosi felszínek párolgás útján nem tudnak hőt leadni. Ezt a nagyvárosokban kialakuló jelenséget nevezik városi **hősziget-hatásnak**.

Függelék F.3.

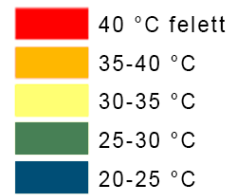


6. ábra: A felszínhőmérséklet és a zöldfelületi intenzitás összefüggése Budapesten a felszínhőmérsékleti a zöldfelület intenzitási térképek egy adott metszetén felmérve

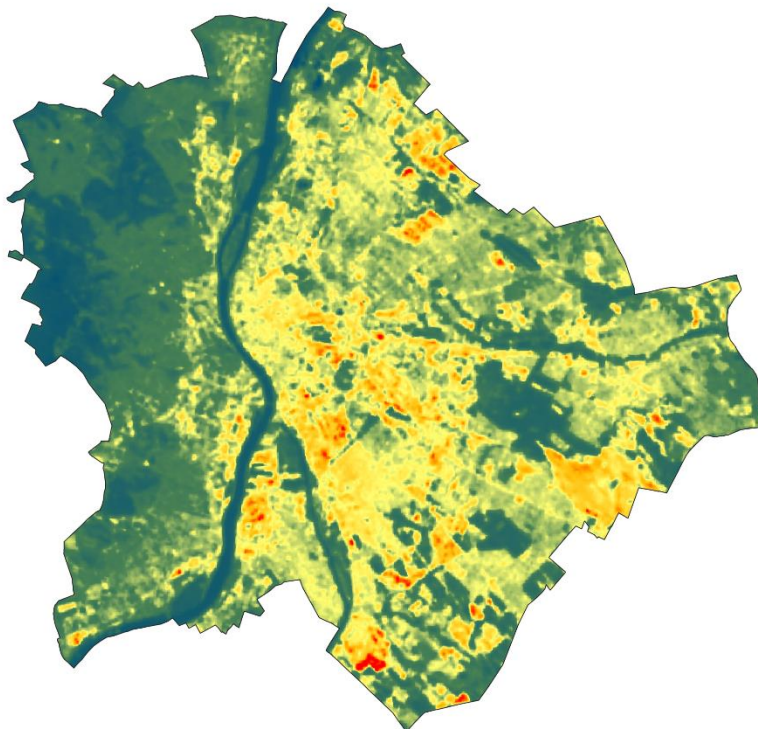
A budapesti hősziget jelentőségét illusztrálja a 7. ábra és a 8. ábra, amely a Landsat 8 műholdfelvétel alapján mutatja a földfelszín becsült hőmérsékletét Celsius fokban, egy kiragadott időpontban, **2022. június 29-én** zavartalan, napfényes időszakban, amikor a léghőmérséklet szélsőségesen meleg volt és **harmadfokú hőségriasztás volt érvényben**. Budapest hőtérképén kirajzolódnak a magas növényborítottsággal rendelkező területek, ahol a felszínhőmérséklet alacsony. Az erdős területeken (pl. Budai Tájvédelmi Körzet erdői, Kamaraerdő, rákoskeresztúri erdő) alacsonyabb volt a hőmérséklet (25-30 °C). Mindeközben a belvárosban, a jellemzően burkolt területeken 35-40 °C volt a mérvadó, de volt, ahol 40-45 °C fölé is emelkedett a felszínhőmérséklet.



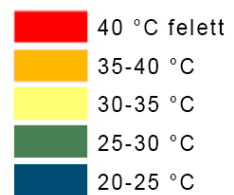
7. ábra: Budapest felszínhőmérséklete egy harmadfokú hőségriasztási napon, 2022. június 29-én (Forrás: Sentinel Hub EO Browser¹)



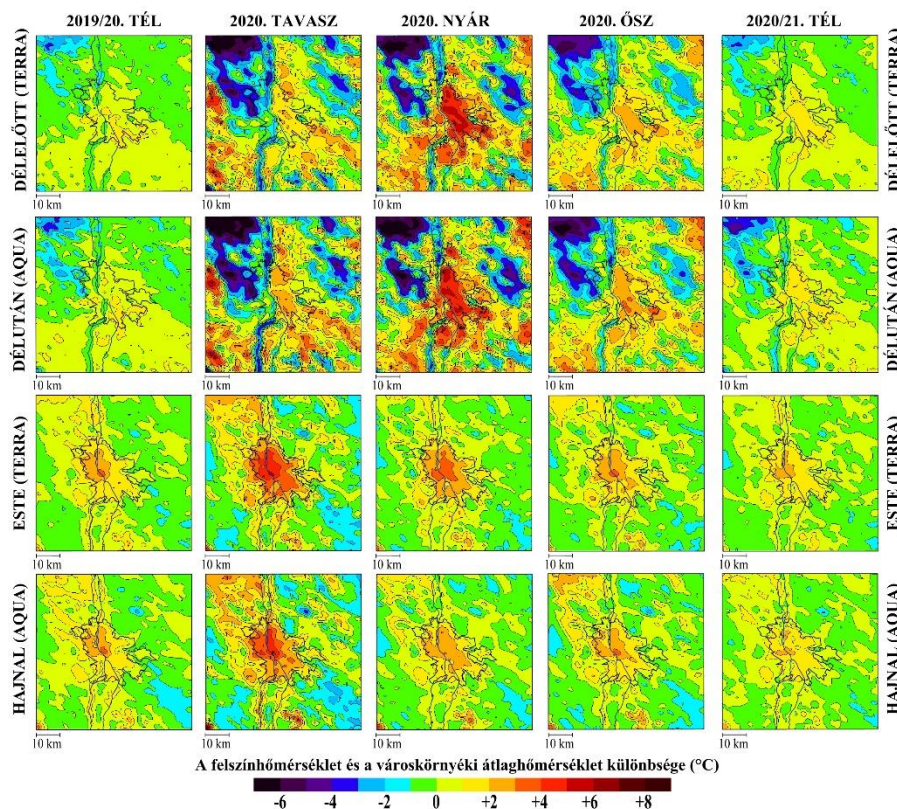
A 8. ábra az előző térképtől eltérően **egy átlagos nyári nap** felszínhőmérsékletét mutatja be. A térkép alapját képező Landsat 8 műholdfelvétel egy kiragadott időpontban, 2021. június 26-án zavartalan, napfényes időszakban készült. Ezen a térképen az látható, hogy a felszínhőmérséklet jellemzően alacsonyabb. Az erdős területeken akár 20 -25 °C körül is lehet és jellemzően a belvárosban sem haladja meg a 35 °C-ot, de a legmagasabb felszínhőmérsékletű területek ekkor is elérik a 40 °C-ot.



8. ábra: Budapest felszínhőmérséklete egy átlagos nyári napon, 2021. június 26-án (Forrás: Sentinel Hub EO Browser²)



Budapest hősziget-intenzitásának vizsgálatához további, az ELTE Meteorológiai Tanszékének kutatási eredményeit is felhasználtuk, melynek keretében a Terra és az Aqua műholdak MODIS műszereivel mért felszínhőmérsékletre vonatkozó adatokat térképeztek és elemezték (lásd 9. ábra). Az 1 km² körüli felbontásban is jól látható, hogy az év során hogyan alakult a nappali és éjszakai hősziget erőssége a fővárosban. Megjegyezzük, hogy ezeket az értékeket a vízszintes felületek kisugárzásából lehet meghatározni, de csak a felhőmentes időszakokban. Így ezek az értékek nem reprezentálják az összes időjárási helyzetet, továbbá nem azonosak a levegő szokásosan – a felszíntől 2 méterre – mért hőmérsékletével sem. A jelentős térbeli felbontás miatt mégis érdemesek a tanulmányozásra.



9. ábra: Budapest felszínhőmérsékleti anomáliáinak átlagos évszakos szerkezete a négy áthaladási időszakra (délelőtt, délután, este, hajnal), 2020. évre (Forrás: Bartholy-Pongrácz³)

A nappali mezőket vizsgálva megállapítható, hogy a városi hősziget a főváros pesti oldalán a legjelentősebb; íves alakban helyezkedik el, lefedve a belvárost. A nyári időszakban a hősziget kiterjedése és intenzitása is jelentős: a városkörnyéki átlaghőmérsékletet 3-7 °C-kal meghaladó terület a főváros pesti oldalának nagy részére kiterjed, míg a budai oldalon a hősziget csak egy kisebb területet fed le. Itt a domborzat és a zöldfelületek nagyobb aránya mérsékli a városi hősziget erősségét. A tavaszi-nyári időszakban a Budai-hegység legmagasabb részeinek felszínhőmérséklete 4-7°C-kal alacsonyabb, mint a városkörnyéki átlaghőmérséklet, így ebben az időszakban a fővárosban a hegyvidék és a belváros között néhány kilométeres távolságon belül 10 °C-ot meghaladó hőmérséklet-különbség alakul ki.

A térképeken jól kirajzolódik a Duna vonala, a Népliget, valamint a X., XVII. és XVIII. kerületek közé beékelődő Városerdő, melyek felszínhőmérséklete alacsonyabb a beépített területekénél.

A környezetüknél melegebb felület például a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, amelynek felszínhőmérséklete nyáron, derült időben 6°C-kal meghaladja a városkörnyéki átlagot.

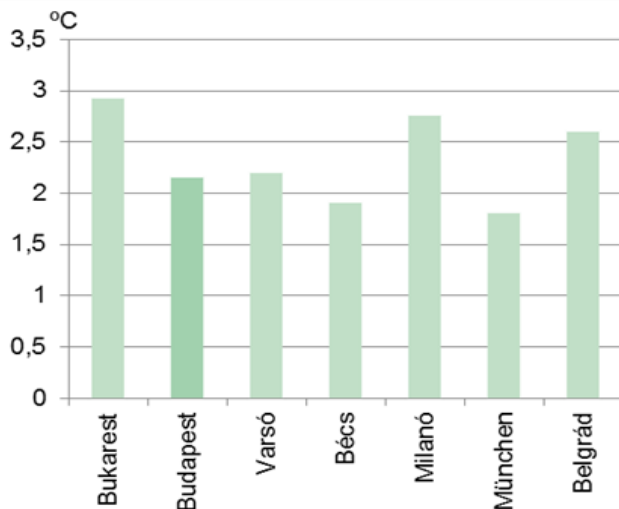
A műholdak 2001 óta szolgáltatnak adatokat a hősziget intenzitásának vizsgálatához. Az elmúlt időszak és a tárgyév hősziget-intenzitási értékeinek adatait a 2. táblázat tartalmazza. A hősziget-intenzitási érték a városi és a városkörnyéki átlaghőmérséklet különbsége.

Indikátor megnevezése	2001-2013-as időszak átlaga	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Évi átlagos felszínhőmérséklet alapú hősziget-intenzitási érték délelőtti időpontra	1,2 °C	1,28 °C	1,36 °C	0,94 °C	1,58 °C	1,35 °C	1,49 °C	1,12 °C	1,13 °C
Évi átlagos felszínhőmérséklet alapú hősziget-intenzitási érték esti időpontra	1,8 °C	1,47 °C	1,47 °C	1,74 °C	1,63 °C	1,74 °C	1,75 °C	1,91 °C	1,74 °C
Júniusi átlagos felszínhőmérséklet alapú hősziget-intenzitási érték délelőtti időpontra	2,9 °C	3,30 °C	2,92 °C	2,50 °C	4,07 °C	2,77 °C	3,86 °C	3,22 °C	3,20 °C

2. táblázat: A városi hősziget elsődleges indikátorainak mértéke 2013-2020-ban és a 2001-2013 időszak átlagában (Forrás: Bartholy-Pongrácz)

Az évi átlagos intenzitásértékek idősorában az intenzitásértékek nagy szórása miatt nem beszélhetünk egyértelmű csökkenésről vagy növekedésről.

A budapesti hősziget mértékének megítéléséhez megbízható adatokat nyújt a közép-európai nagyvárosokra készített hősziget-intenzitás vizsgálat (lásd 10. ábra). Jól látható, hogy a **budapesti hősziget intenzitása a vizsgált európai nagyvárosok sorában közepesnek számít.**

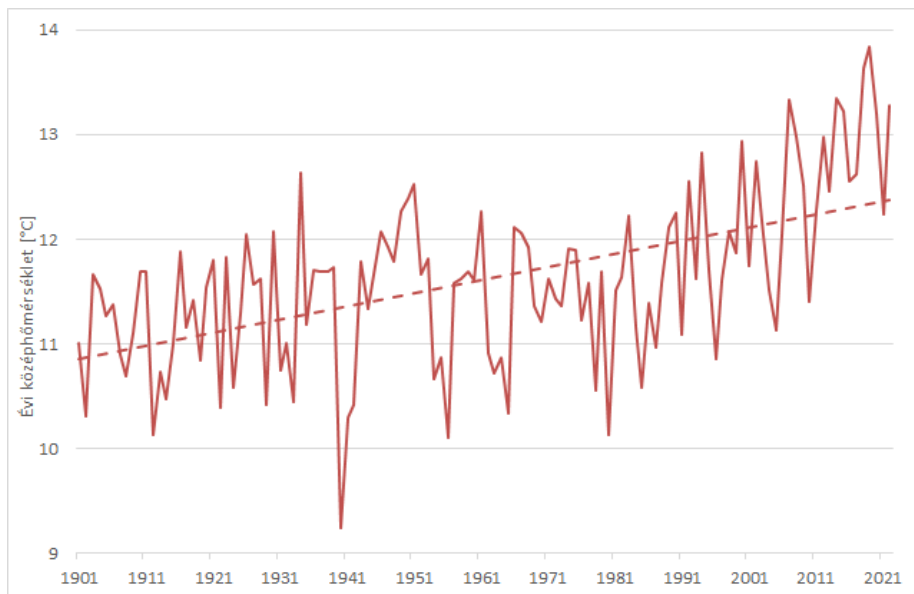


10. ábra: Évi átlagos felszínhőmérséklet alapú hősziget-intenzitás érték az esti órákban a 2001-2005 közötti időszakban (Forrás: Pongrácz-Bartholy-Dezső⁴)

Éghajlatváltozás és az időjárási szélsőségek vizsgálata

Az éghajlatváltozás korunk egyik legjelentősebb kihívása, mely hatással van az emberi egészségre, a természeti és épített környezetre, a társadalomra és a gazdaságra is.

Budapest hőmérsékleti idősorát **1901-től** nézve a lineáris trendegyenes jól szemlélteti **az 1,54 °C-os melegedést** (11. ábra) egyértelmű képet kapunk. Ma már egyértelműen bizonyossá vált, hogy ez az emelkedő hőmérséklet elsősorban **a globális éghajlatváltozás Budapesten is tapasztalható eredménye.**



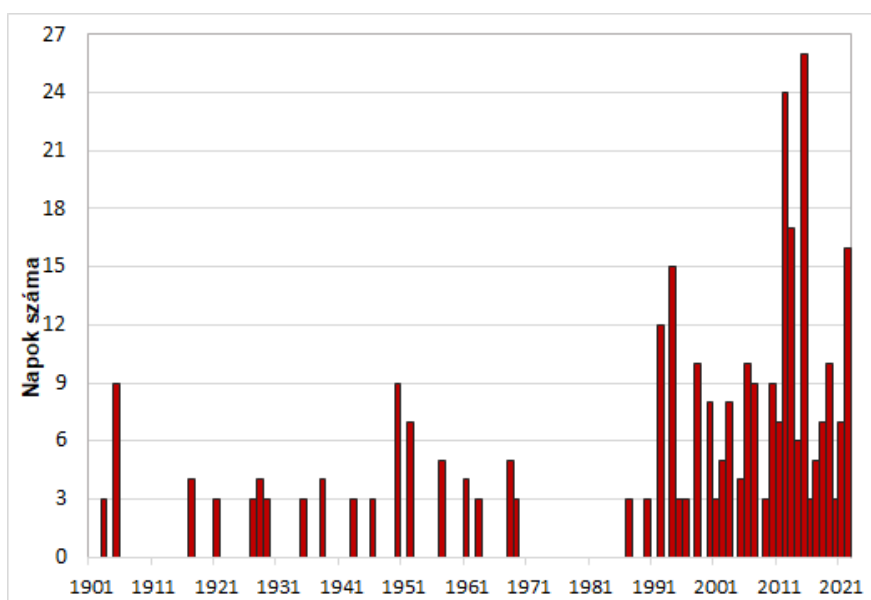
11. ábra: Az évi középhőmérséklet változása Budapest belterületén 1901-2022 között °C-ban lineáris trendillesztéssel (Forrás: OMSZ)

Az éves középhőmérsékletek sorozatát tekintve jelentős ingadozást is tapasztalunk a 20. század folyamán. Az 1940-es évek közepéig emelkedett a hőmérséklet, majd enyhén csökkent. Az újabb melegedési folyamat az 1970-es évek vége felé kezdődött, és azóta is egyre nagyobb mértékben tart. A 2019-es év középhőmérséklete megközelítette a 14°C-ot Budapest belterület állomáson (13,8°C), és ezzel a legmelegebbnek bizonyult az ellenőrzött és homogenizált, 1901-től kezdődő éghajlati időszakban.

A napi abszolút hőmérsékleteket elemezve Budapesten a legmelegebb értéket 2007. július 20-án (40,7 °C), a leghidegebbet 1942. január 24-én (-27,1 °C) mérték az OMSZ állomásain.

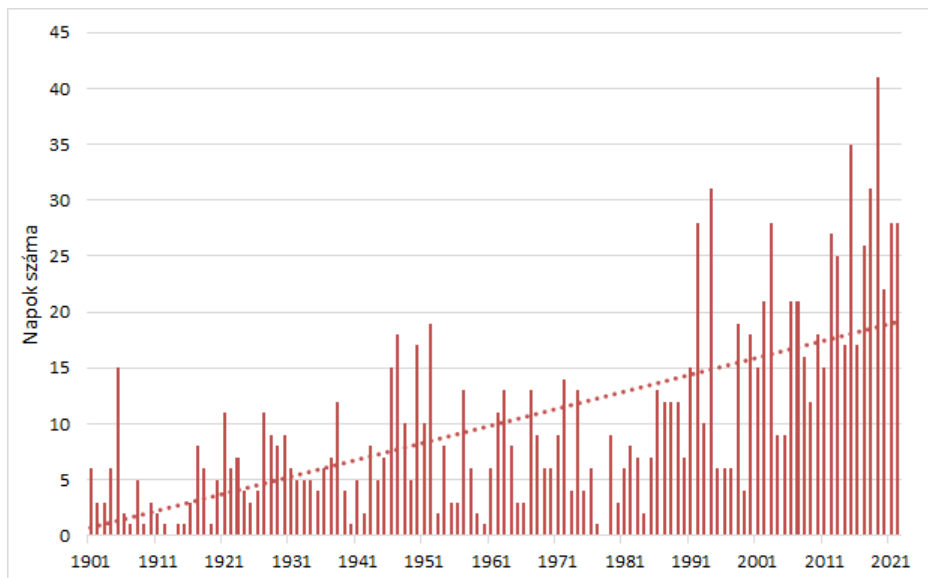
A felmelegedés mellett legalább annyira fontos a szélsőséges időjárási események gyakoriságának vizsgálata. A hóhullámos, kánikulai napokon jelentősen megnő a halálesetek száma. Budapesten 2005 és 2014 között a küszöbhőmérséklet feletti napok átlagos többszörösége 15-20% között volt (Forrás: KRITÉR⁵).

Hőségperiódusok régebben is voltak, ugyanakkor az utóbbi 25 évben rendszeresen előfordultak. Az OMSZ éghajlati adatbázisában végzett elemzések szerint a nyári középhőmérséklet emelkedett leginkább a múlt század eleje óta, amely a hőség hullámok (legalább három napig legalább 27 fokot elérő napi középhőmérséklet) egyre gyakoribb előfordulásában is megmutatkozik (12. ábra).



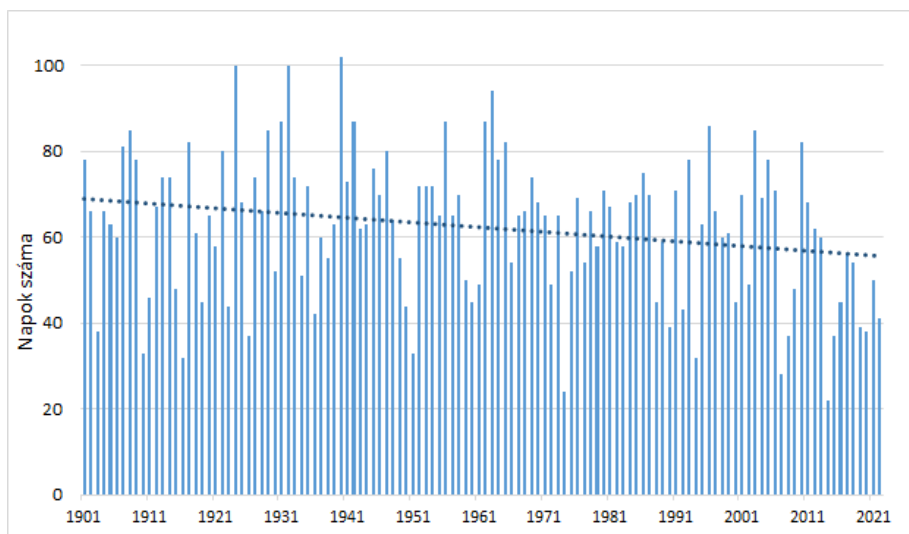
12. ábra: A legalább 3 napig legalább 27 °C napi középhőmérsékletű hóhullámos napok évi száma Budapest belterületén 1901-2022 között, homogenizált adatok alapján (Forrás: OMSZ)

A nappali magas hőmérsékletek mellett az emberi szervezet számára igen megterhelő, **ha éjszaka sem csökken 20 °C alá** a hőmérséklet. A legalább 20 °C-ot elérő napi minimumhőmérsékletű napok, azaz a trópusi éjszakák már a XX. század elején is előfordultak szinte minden évben, de napjainkra sokkal gyakoribbá váltak (13. ábra). 2022-ben 28 trópusi éjszaka fordult elő, amely 1991-2020-as átlaghoz (19 nap) képest 9 nappal több. A 122 éves változást tekintve mintegy 18,4 nappal nőtt a XX. század eleje óta a trópusi éjszakák száma, melyet az illesztett lineáris trendegyenes is szemléltet.



13. ábra: A legalább 20 °C-ot elérő napi minimumhőmérsékletű trópusi éjszakák évi száma Budapest belterületén 1901-2022 között, homogenizált adatok alapján (Forrás: OMSZ)

Hőségindexek vizsgálata mellett a hideget jellemző mutatók is szemléletesek. A 14. ábra a fagyos napok éves számát jeleníti meg Budapest belterület állomás adatai alapján 1901-től napjainkig. Fagyos napnak tekintjük azt a napot, amikor a minimumhőmérséklet fagypont alatti, vagy eléri a 0 °C-ot. A legtöbb fagyos nap 1940-ben fordult elő, ebben az évben 102 nap esetén alakult a minimumhőmérséklet fagypont alatt, míg a legkevesebb 2014-ben összesen 22 nap volt. 2022-ben 41 fagyos nap fordult elő, mely 16 nappal maradt el az 1991-2020-as átlagtól (57 nap). Ha a 122 éves trendet tekintjük, jól látható, hogy mintegy **13,4 nappal csökkent a fagyos napok száma a XX. század eleje óta**. Ezt szemlélteti a lineáris trendegyenes a 14. ábrán.



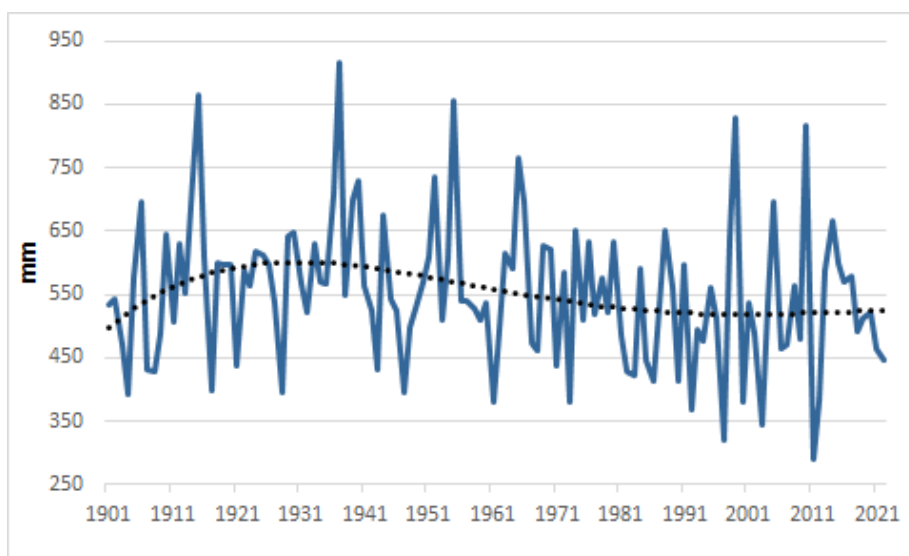
14. ábra: A legfeljebb 0 °C-ot elérő napi minimumhőmérsékletű fagyos napok évi száma Budapest belterületen 1901-2022 között, homogenizált adatok alapján (Forrás: OMSZ)

A Budapesten hullott **csapadék évi összegében** csökkenés mutatható ki 1901 és 2022 között (15. ábra), azonban az 1980-as évektől inkább a csapadék változékonysága a jellemző. A csökkenés ellenére nagy csapadékhozamú évek az időszak végén is előfordultak. Az aszályos évek a múlt század első felében is jellemzőek voltak, azonban a legszárazabb év Budapesten 2011 volt (290 mm), de az utóbbi 122 év három legszárazabb éve is az elmúlt 25 évre esett (2011, 1997 és 2003).

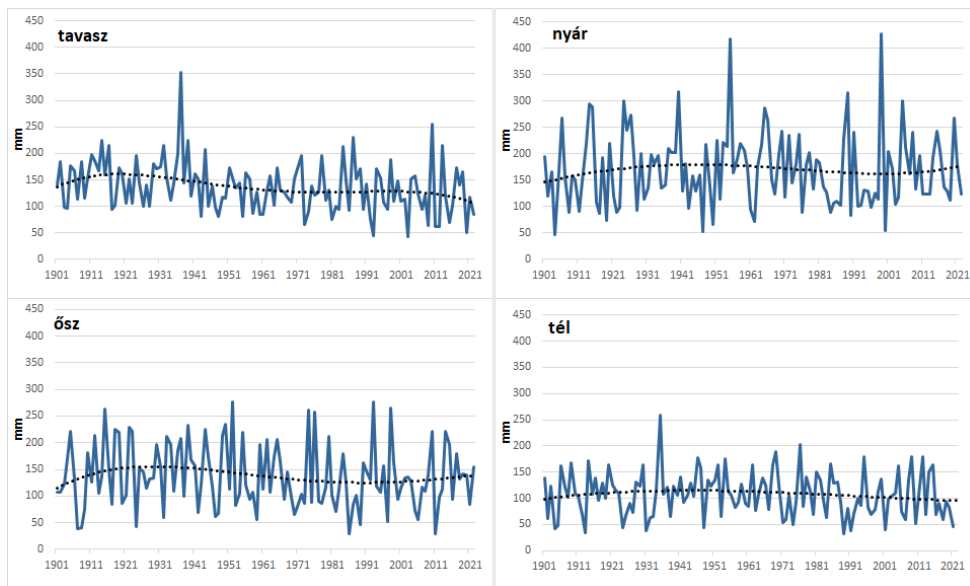
A **122 éves időszorban 2022 a történelmi aszály** éve volt – országos szinten a 17. legcsapadékszegényebbnek, míg **Budapest belterülete a 23. legszárazabb évnék** bizonyult. Budapesten 2022-ben volt az elmúlt 122 év 3. legszárazabb januárja (2,9 mm), februárja 15. (6,85 mm), májusa a 7. (16,7 mm), júliusa a 10. (10,4 mm), míg októbere a 12. legszárazabb (6,0 mm) volt. **Ugyanakkor** a rekord alacsony értékek mellett a főváros belterületén 2022 szeptemberében kiemelkedően magas csapadékok is hullottak, 103,9 mm-ével a **7. legcsapadékosabb szeptembernek** adódott.

Az évszakok közül a nyári csapadékösszeg a legváltozékonnyabb évről évre (15. ábra), az elmúlt években a nyári összeg a sokévi átlag közelében alakult. Csupán tavasszal figyelhető meg jelentősebb csökkenő tendencia Budapest belterület állomáson, a többi évszakban nincs egyértelmű változás.

A csapadék évi összegének változása mellett a Duna vízhozamában (és ezzel összefüggésben a jellemző vízállásokkal kapcsolatban) is megfigyelhető egy tendencia a hosszú idősoros vízjárási adatok elemzése alapján. Lásd részletesebben az *1.4 Vizek állapota* c. fejezet.



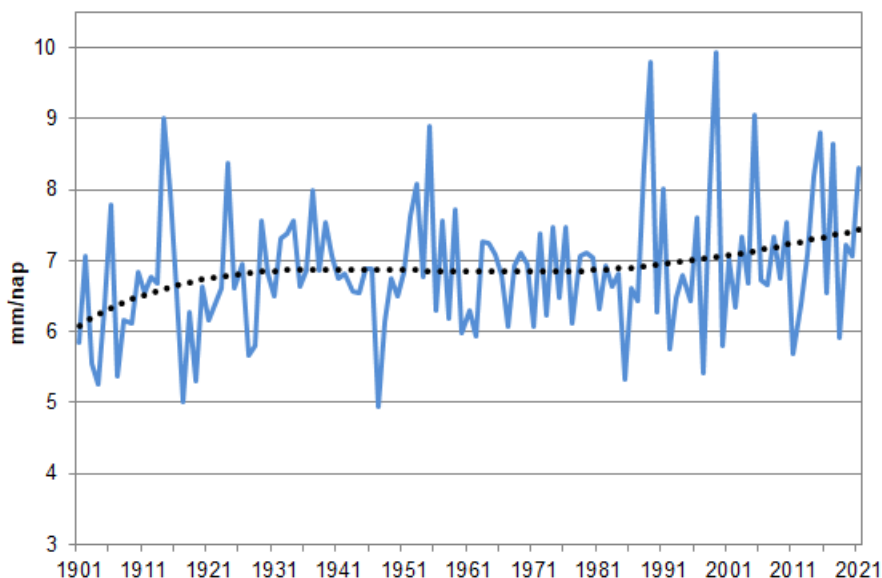
15. ábra: A csapadék évi összegének változása Budapest belterületén 1901 és 2022 között mm-ben (Forrás: OMSZ)



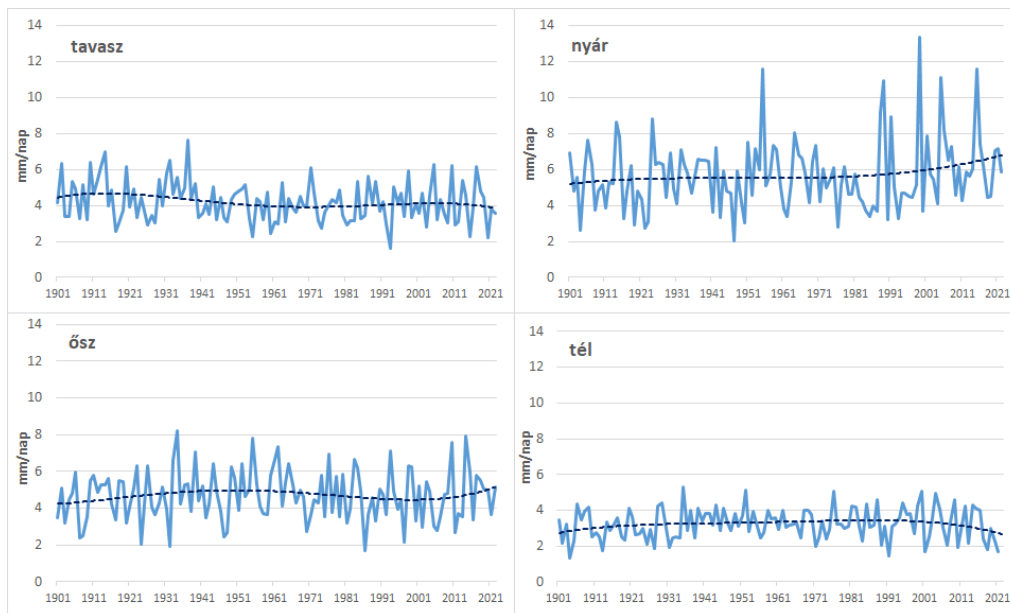
16. ábra: A csapadék évszakonkénti összegének változása Budapest belterületén 1901 és 2022 között mm-ben (Forrás: OMSZ)

Az időjárási szélsőségeket több mutatóval is jellemezhetjük: **az egyik az éves átlagos napi csapadékinintenzitás**; a másik a 10 mm-t meghaladó csapadékú órák száma, illetve a **17 m/s-t** (gyakorlatilag 61 km/h-t) **meghaladó szellőkéssekkel** jellemezhető **napok gyakorisága**.

Az éves átlagos napi **csapadékinintenzitás** (egy év alatt lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa) a hosszú idősoros elemzések szerint **enyhén növekszik** (lásd 17. ábra). A csapadék évi összegének csökkenő folyamatával összefüggésben megállapítható, hogy Budapesten **egyre ritkábban, de egyre nagyobb intenzitású csapadékesemények** jellemzőek.



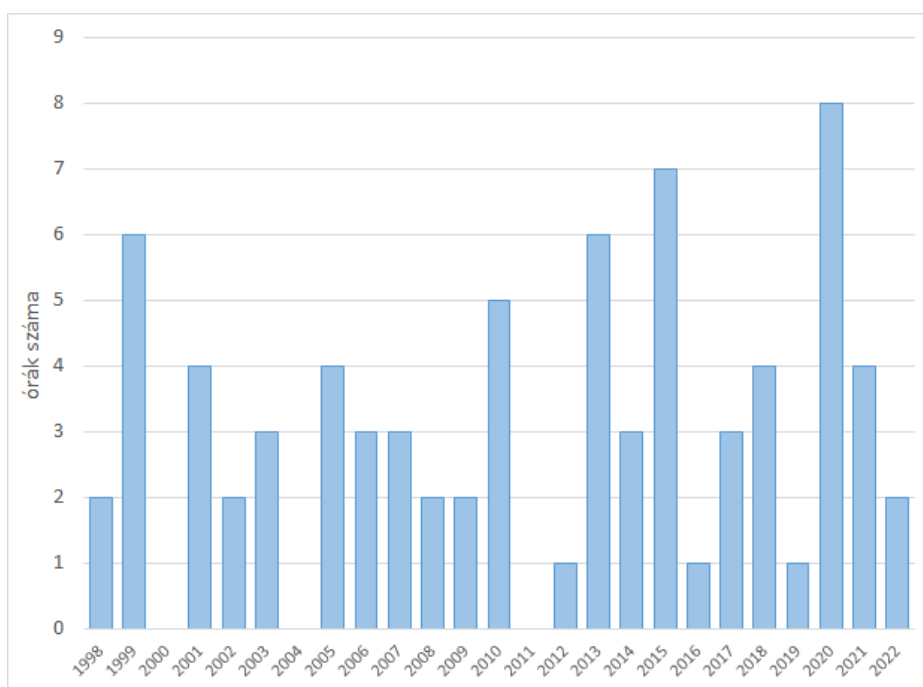
17. ábra: Az éves átlagos napi csapadékinintenzitás (napi csapadékos napok száma) Budapest belterületén 1901 és 2022 között (Forrás: OMSZ)



18. ábra: A tavaszi, nyári, őszi és téli átlagos napi csapadékintenzitás (napi csapadékoság) Budapest belterületen 1901 és 2022 között (Forrás: OMSZ)

A 18. ábra az évszakos átlagos napi csapadékintenzitást mutatja. A hosszú idősoros elemzések alapján 1901 és 2022 között a nyári, és az őszi napi csapadékintenzitás növekszik a leginkább, míg a tavaszi csapadékintenzitás enyhén csökkenő tendenciát mutat. Az 1980-as évektől azonban a növekvő tendencia a nyári és őszi csapadékintenzitás értékekre vonatkozóan határozottabb, míg a téli inkább enyhe csökkenést mutat.

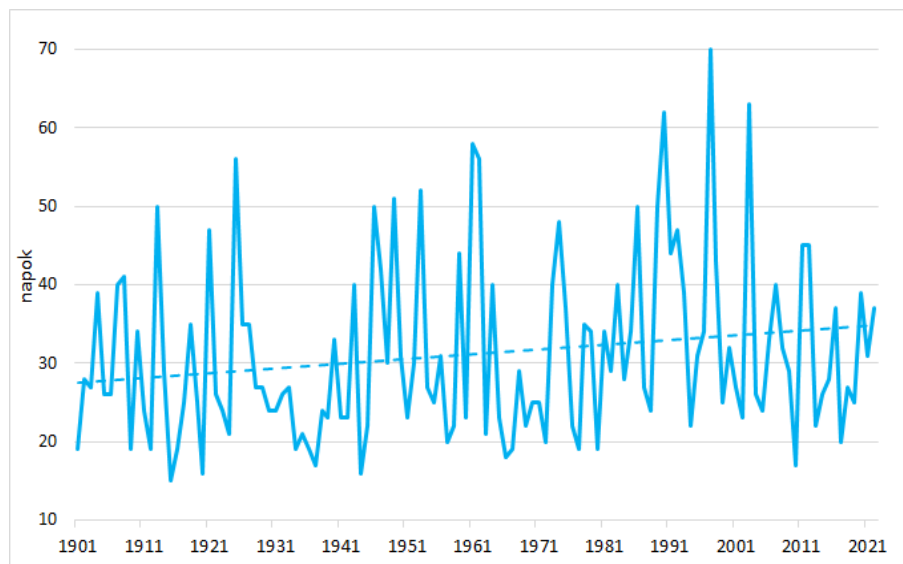
A hirtelen lezúduló nagymennyiségű csapadék komoly gondokat okozhat a nagyvárosokban. A csatornarendszer sokszor nem tudja elnyelni a rendkívüli vízmennyiséget, melynek hatására a csapadékvíz elárasztja az úttestet, aluljárókat, mélygarázsokat, egyéb felszín alatti helyiségeket. **A 10 mm-t meghaladó csapadékú órák száma kissé emelkedett az elmúlt évtizedekben, (19. ábra),** de ennél jellemzőbb tulajdonsága az évről évre történő változékonyság. A vizsgált időszakon belül a legtöbb ilyen óra – az egyébként átlagosan csapadékos – 2020-as évben fordult elő.



19. ábra: A 10 mm-t meghaladó csapadékú órák gyakorisága Budapest belterület állomásra vonatkozóan 1998-2022 között éves bontásban (Forrás: OMSZ)

A szárazság nem csupán a mezőgazdasági területeken okoz nehézséget, de a városi környezet alakításában is komoly szerepe van. Nedvesség híján, száraz időszakban a szenzibilis hő felhalmozódik a városban, növelve ezzel a városi levegő hőmérsékletét, hozzájárulva akár a városi hősziget erősödéséhez.

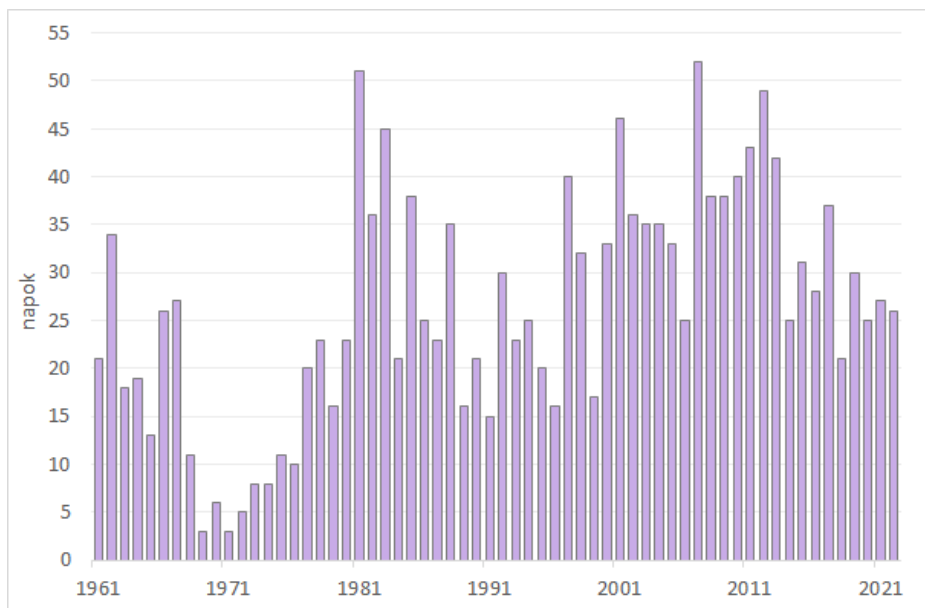
A szárazságot jellemző indexek közül az **egymást követő száraz napok maximális száma** megmutatja, hogy az **adott éven belül milyen hosszú volt az a leghosszabb egybefüggő időszak, amikor** a napi csapadékösszeg **1 mm alatt** alakult. Ennek 122 éves idősorát szemlélteti a **20. ábra** Budapest belterületén.



20. ábra: Az egymást követő száraz napok maximális száma 1901 és 2022 között Budapest belterületén (Forrás: OMSZ)

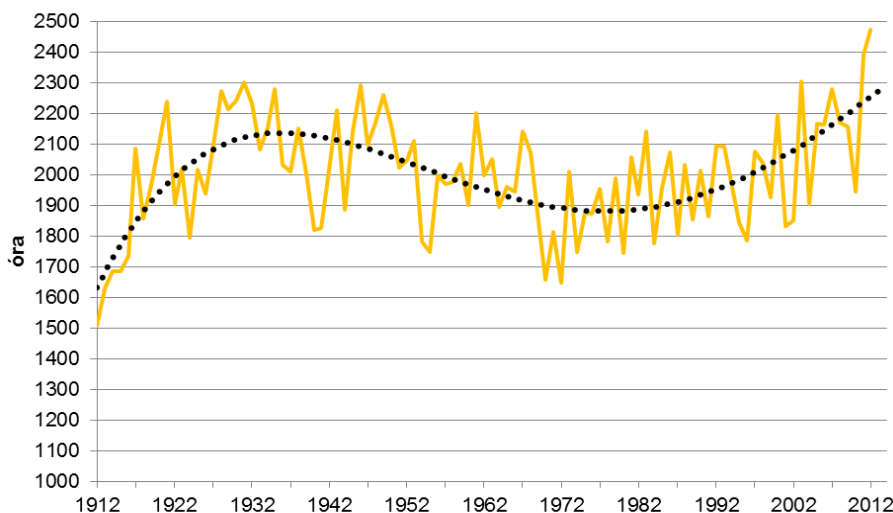
A leghosszabb száraz periódus 70 nap volt, mely 1997-ben fordult elő, míg a legrövidebb száraz időszak 15 nap volt 1915-ben. 2022-ben 37 nap hosszú volt a leghosszabb száraz periódus, ez a 34 napos 1991-2020-as átlagtól 4 nappal tér el. A **122 éves trendet** szemlélve mintegy **7,2 napos növekedést tapasztalunk** az egymást követő száraz napok maximális számában.

A **viharos széllekedések** gyakorisága az 1970-es évekhez képest nagymértékben megnövekedett: évente 26 napon következik be ilyen esemény. Ez a szélsőség a **leggyakoribb decembertől márciusig** (együtt 11,1 nap, átlagosan 2,8 nap/hó, azaz kb. tíz naponként), s a legritkább augusztustól októberig (együtt 4,3 nap, átlagosan 1,4 nap/hó, azaz kb. húsz naponként). Az évi menet két szélső pontja között itt is kb. kétszeres a gyakorisági hányadok eltérése. A széllekedés sebessége hozzávetőleg kétszerese az óránkénti átlagos szélsősebességnek. A viharos napok számának **hosszú idősoros változása egyértelműen** növekszik az elmúlt 59 évben (lásd 21. ábra).



21. ábra: A viharos napok (17m/s ~ 60 km/h értéket meghaladó szélökések előfordulásának) gyakorisága Budapest belterület állomásra vonatkozóan 1961 és 2022 között éves bontásban (Forrás: OMSZ)

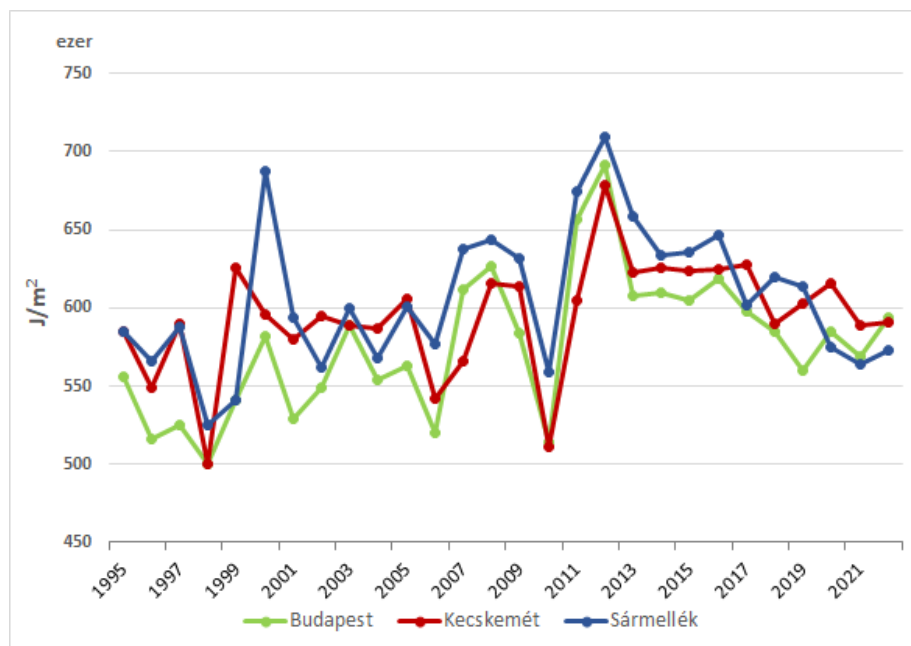
A **napfénytartam** mérése Budapesten 1912-ben kezdődött. Az éves összeg teljes időszakra vonatkozó átlaga 2000 óra. A legkevesebbet, 1505 órát a mérés kezdetének évében, 1912-ben sütött a nap (lásd 22. ábra). Ennek oka az, hogy az alaskai Katmai Nemzeti Park területén lévő Novarupta vulkán kitöréséből jelentős mennyiségű por került a légkörbe, ami világszerte csökkentette a besugárzást. Azóta a trendet nagyjából két hullámmal írhatjuk le: maximuma az 1930-as évekre esett, majd ezt az 1970-es évek elejéig tartó visszaesés követte.



22. ábra: A napfénytartam évi összegének változása Budapest belterületén 1912 és 2012 között (Forrás: OMSZ)

Azóta a napfénytartam évi összege folyamatosan nő, értéke immár meghaladja az első hullám maximumát. (A napfénytartam mérését 2013-ban sajnos beszüntette az Országos Meteorológiai Szolgálat, elsősorban a közvetlen globálsugárzás-mérés elterjedése miatt.)

Említést érdemel még a napsugárzás **UV-B sugárzása** tartománya, amely alapvetően jótékonyan hat az emberi szervezetre (D-vitamin képződés), de nagy dózisban káros hatású. Lehetséges negatív hatásai: bőrgégés, bőrbetegségek. Az UV-B sugárzás Budapesten is **emelkedett** az elmúlt évtizedekben (23. ábra), hasonlóan más, nem nagyvárosi állomásokhoz. Ez a tendencia összhangban van a felhőzet csökkenésével (ill. a napfénytartam növekedésével).



23. ábra: A biológiailag effektív UV sugárzás évi összegeinek változása Budapesten és két másik településen (1995-2022) (Forrás: OMSZ)

Várható változások a főváros éghajlatában

A KlímAdat adatbázis szerint az országos éves átlaghőmérséklet a távoli jövőben (2071-2100) várhatóan 2-4 °C-kal emelkedik, az 1971-2000-ig terjedő referenciaidőszakhoz képest. A hőmérséklet emelkedése leginkább nyáron és télen lesz jellemző. A fővárosban a jövőben, elsősorban nyáron, néhány tized fokkal mérsékeltebb hőmérséklet-emelkedés várható a városkörnyéki természetes területekhez képest, aminek következtében a hősziget-intenzitás némileg csökken. A fagyos napok (minimum hőmérséklet fagypont alatti) számában is csökkenés várható, Budapesten a 2001–2030-as időszakra 59-66 napra csökkenhet a fagyos napok száma, az 1971–2000 időszakra jellemző 103 naphoz képest. **A hőmérsékleti változások megnövelik a növények vegetációs időszakát.** A csapadék mennyiségében legfeljebb 24%-os növekedés várható, emellett a **hosszabb nyári száraz időszakok** és az **őszi és téli intenzívebb csapadékesemények** jelenthetnek kihívást.

☞ Függelék F.4.

A városklíma állapotának okai, hatótényezői

A városklímát befolyásoló hatótényezők vizsgálatára – annak összetettsége és sokrétősége miatt – az állapotértékelés nem terjed ki. Az alábbiakban csak a meghatározó hatótényezőket nevezzük meg.

A városklíma függ az éghajlati, makroklimatikus környezettől, amelybe a város beágyazódik. A Föld éghajlata és így Budapesté is – bizonyíthatóan – mindig változott és változni is fog. Hidegebb, melegebb, szárazabb és nedvesebb időszakok váltogatták egymást. A globális klímaváltozás folyamatában azonban **megbomlott** ezen **ingadozások egyensúlya**, és világszerte minden évszakban **eltolódott a melegebb szakaszok irányába**. A csapadék ugyanakkor helytől és időtől függő előjel szerint változik. Mindezen változások fő oka minden bizonnyal az üvegházhatású gázok kibocsátása, amelynek mérséklésében a főváros is szerepet vállalt (lásd a *Klimavédelmi intézkedések* részben).



24. ábra: A városi éghajlatot meghatározó tényezők (Forrás: Városklíma Kalauz, 2011⁶)

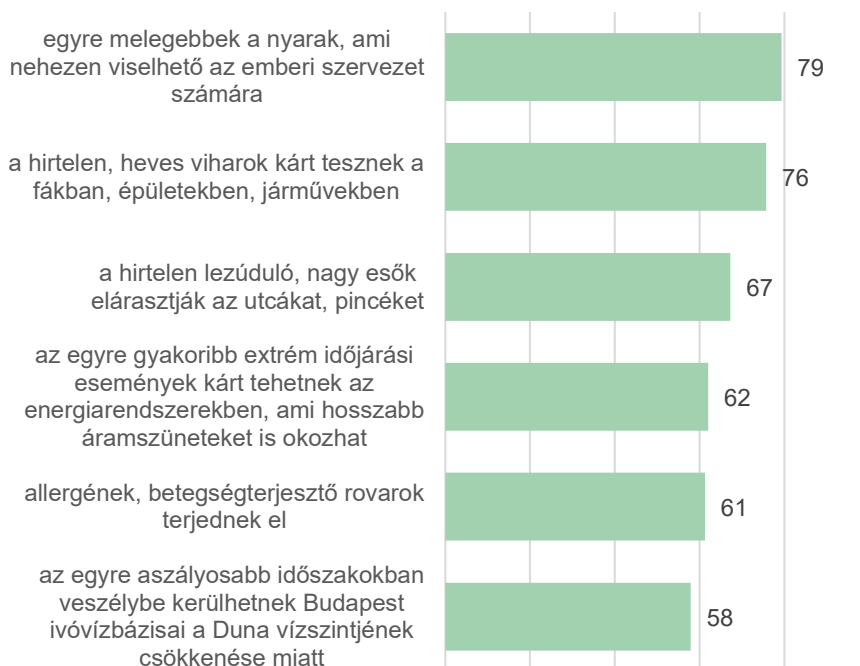
A globális éghajlati tényezők mellett meghatározóak a helyi klímát befolyásoló hatótényezők is. A természetestől eltérő városi felszíni formák (a zöldfelület alacsony aránya), a felhasznált építő- és burkolóanyagok a természetes felszínektől eltérő fizikai tulajdonságai, a városi légkör eltérő szerkezete és megváltozott összetétele, valamint a városokban fokozottan jelenlévő antropogén hőkibocsátás együttesen felelősek a hősziget-jelenség kialakulásáért.

A beépített területeken már nem lehet nagymértékben alakítani a hősziget-hatás mértékén, viszont a jövőben beépítésre, vagy jelentős átalakításra szánt területeken, illetve a barnamezős területeken lehet érvényesíteni azokat a városrendezési szempontokat, amelyek által mérsékelhető a hősziget-hatás erősödése.

A budapestiek véleménye a klimatikus viszonyokról

A budapestiek klimatikus viszonyokról alkotott véleménye telefonos, reprezentatív közvélemény-kutatás alapján került felmérésre 2020-ban a MEDIÁN Közvélemény- és Piackutató Kft. közreműködésével. A módszertan részletes bemutatását *II.9. Környezeti nevelés, tájékoztatás, szemléletformálás* c. fejezet tartalmazza.

A felmérés szerint **a budapestiek** elsősorban az egyre melegebb nyarakat, a hirtelen, heves viharok károkozását, valamint a hirtelen lezúduló nagy esőket érzékelik a **legfőbb problémaként a fővárosban**.



25. ábra: A klímaváltozás hatásainak megítélése

A klímaváltozás különféle következményeinek megítélése erősen összefügg egymással, vagyis aki valamelyiket jellemzőnek tartja, nagy valószínűséggel ugyanígy vélekedik a többiről is. A hatások megítélése összefügg a nemmel és az életkorral: a klímaügyekre érzékenyebbek a nők, mint a férfiak, valamint a fiatalabbak, mint az idősebbek.

Klímavédelmi intézkedések

Az 1992 júniusában aláírt **ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény**⁷ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, rövidebben FCCC, a továbbiakban: Egyezmény) célja

„az üvegház-gázok légköri koncentrációinak stabilizálása olyan szinten, amely megakadályozná az éghajlati rendszerre gyakorolt veszélyes antropogén⁸ hatást. Ezt a szintet olyan időhatáron belül kell elérni, ami lehetővé teszi az ökológiai rendszerek természetes alkalmazkodását az éghajlatváltozáshoz, továbbá, ami biztosítja, hogy az élelmiszer-termelést az éghajlatváltozás ne fenyegetse, valamint, ami módot nyújt a fenntartható gazdasági fejlődés folytatására”.

Az **Egyezmény legfelsőbb testülete a Részes Felek Konferenciája** (Conference of the Parties, rövidebben: COP), amelyet évente tartanak meg⁹.

A 3. konferencia 1997-ben Kiotóban fogadta el az **Egyezmény kiegészítő jegyzőkönyvét**¹⁰ (protokollját), melyben Magyarország – 1985–1987-es időszak átlagos kibocsátásához képest – 6%-os csökkentést vállalt. A jegyzőkönyv magyarországi kihirdetését követően törvényben határozták meg a hazai végrehajtási keretrendszert¹¹.

A következő, 2015 decemberében rendezett párizsi **COP21 konferencián** megkötöttek egy **új globális éghajlatvédelmi megállapodást (Párizsi Megállapodás)**, amelynek előkészítése 2011-ben indult (COP17-Durban, Dél-Afrika, COP18-Doha, Katar, COP19-Varsó és COP20-Lima).

A megállapodás főbb elemei¹², 2020 utáni hatállyal:

- hosszú távú terv szerint a globális éves átlaghőmérséklet emelkedését az iparosodást megelőző szinthez képest jóval 2 °C alatt tartják, és erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy a hőmérséklet-emelkedés mindössze 1,5 °C legyen,
- a jelenlegi kötelező és nem kötelező vállalásokat egy új, átfogó rendszerben kell összefogni,
- a Kiotói Jegyzőkönyv második kötelezettségvállalási időszakát (2013-2020) váltja fel,
- az új egyezményben valamennyi Részes Fél kiveheti a részét a klímaváltozás elleni globális összefogásból (az is, aki nem tagja a Kiotói Jegyzőkönyvnek).

A megállapodást jelenleg 195 ország fogadta el, amelyből 153 ország, köztük Magyarország is ratifikálta. (Forrás: ENSZ¹³). E döntések lényege, hogy az illető ország további vállalásokat tegyen az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, mert amit eddig vállaltak, az nem lenne elég a végső cél, az üvegházhatású gázok légköri mennyiségének állandó értéken tartásához.

A klímaváltozással kapcsolatos legmagasabb szintű hazai szakpolitikai dokumentum a **Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia** (NÉS-2)¹⁴, mely a klímapolitika, a zöldgazdaság-fejlesztés és az alkalmazkodás átfogó keretrendszere – meghatározza az éghajlatvédelem céljait és cselekvési irányait ágazati és területi dimenziókban. A stratégia két fő célja: „Fennmaradás és tartamos fejlődés egy változó világban” és „Adottságaink, lehetőségeink és korlátaink megismerése”. E két átfogó célon belül négy tematikus alcélt határoz meg:

- dekarbonizáció (kis CO₂-kibocsátású gazdaság, ÜHG kibocsátás csökkentés, nyelők elősegítése);
- éghajlati sérülékenységi vizsgálata (térinformatikai adatrendszer a döntéshozás, és a tervezés segítésére);
- alkalmazkodás és felkészülés (erőforrások megóvása, rugalmas válaszok a problémákra);
- éghajlati partnerség (széleskörű partnerség, tájékozottság, példamutatás).

A stratégia alapját a Láng István professzor vezetésével 2003 és 2006 között zajló VAHAVA (Változás-hatás-válaszadás) projekt¹⁵ jelentette, melyben több száz kutató, illetve az összes érintett szakterület tudományos képviselője részt vett. A projekt meghatározta a magyarországi klíma változásának várható irányát, elemezte ennek az egyes ágazatokra és szakterületekre valószínűsíthető hatását.

A fenti globális és hazai célkitűzésekhez az utóbbi években Budapest az alábbiak szerint (az energiagazdálkodási fejezetben részletezett módon) járul hozzá:

- A 2017-ben jóváhagyott klímastratégia¹⁶ felülvizsgálatának keretében 2021-ben egy Fenntartható Energia- és Klímaakciótervre (SECAP)¹⁷ készült, amely a klímastratégiai célkitűzésekhez részletesen meghatározott intézkedéseket tartalmaz. A SECAP 2030-ra 40%-os CO₂ kibocsátás-csökkentési célt határozott meg a 2015-ös bázisévhez képest. A SECAP a Polgármesterek Klíma- és Energiaügyi Szövetségéhez történő benyújtásával a Fővárosi Önkormányzat vállalja a 2030-as célkitűzések teljesítését, valamint az együttműködést a 2050-re vonatkozó közös elképzelésekért:
 - a budapesti lakások egyharmadában jelentős energetikai felújítás történik,
 - 1500 MW-ra nő a Budapesten működő napelemek összkapacitása,
 - a távhőellátás legalább 50%-ban megújuló energia, 50%-ban hulladékhő, 75%-ban kapcsolt energiatermelésből származó hő vagy 50%-ban ilyen energiák és hők kombinációjának felhasználásával történik,
 - legalább 30%-ra lecsökken a személyautóval közlekedők aránya
 - fejenként 1 m²-rel nő a zöldterületek nagysága,
 - 350 hektárral nő a helyi jelentőségű védett természeti területek nagysága.

A Fenntartható Energia- és Klímaakciótervre (SECAP) való átállással egyidejűleg – a múltbéli és jelenlegi adatok előállítási, becslési korlátaira tekintettel – válhat biztosíthatóvá Budapest további klímaügyi kötelezettségeinek teljesítése is.

Budapest másfélmillió eurós támogatást nyert az Klímasemleges és intelligens városok küldetés (EU Mission) keretében kiírt pályázaton¹⁸. Budapestet 25 európai várossal együtt válogatták be a NetZeroCities Pilot Cities programba Amszterdammal, Barcelonával és Rómával egyetemben. A főváros célja, hogy létrehozza a Budapesti Klímaügynökséget, ami elsőként a lakosság energiahatékonysági beruházásait fogja támogatni, ezzel gyorsítva a klímaváltozást okozó üvegházhatású gázok és egészségkárosító részecskék városi szintű kibocsátásának csökkentését.

Függelék

F.1. Homogenizálás

A meteorológiai mérések a különböző skálájú légköri folyamatok hatásának összességét regisztrálják. Az esetek többségében azonban bennünket a regionális és globális folyamatok érdekelnek, a lokálisak kevésbé. Ennek jegyében a meteorológiai állomások elhelyezése és környezete a Meteorológiai Világszervezet ajánlásai szerint világszerte nagyjából egységes.

Ennek ellenére egy több évtizedes adatsorban fellelhetők olyan hatások is, melyek a mérés körülményeinek változását tükrözik. Az évek során megváltozhatott a mérőállomások helye és környezete, a mérések időpontja, a mérőeszközök fajtája és elhelyezése stb.

Ezek a tényezők mind zavaró hatások, és így az általuk okozott inhomogenitás összemérhető lehet az éghajlati adatsorokban rejlő tényleges változások nagyságával. Ezért ezeket valamilyen módon az adatsorokból ki kell szűrniük.

A feladat tehát az adatsorokból – az éghajlatváltozás tetszőleges jelének megőrzése mellett – a mérésre ható, zavaró környezeti változások korrigálása. Ez a tevékenység az adatsorok klimatológiai homogenizálása.

A nemzeti meteorológiai szolgálatok többsége foglalkozik a homogén adatsorok létrehozásának problémájával. Hazánkban, az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) is készült egy szigorú matematikai alapokon nyugvó homogenizáló eljárás és számítási programrendszer, a MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenization), amelynek szerzője Szentimrey Tamás. Hosszabb időszakot átfogó éghajlati vizsgálatokat ma már csak olyan adatsorokon végzünk el, melyeket a MASH módszerrel előzetesen homogenizáltunk (Izsák és Szentimrey, 2020).

F.2. UTCI humán klímaindex

Az UTCI¹⁹ (Universal Thermal Climate Index) egy humán klímaindex, amely az emberi test fiziológiai komfortérzetét írja le meghatározott meteorológiai körülmények között. Nem csak a környezet hőmérsékletét veszi figyelembe, hanem a páratartalmat, a szélesebbeséget és a sugárzást, mindazokat a tényezőket, amelyek jelentősen befolyásolják a környezetre adott élettani reakcióinkat.

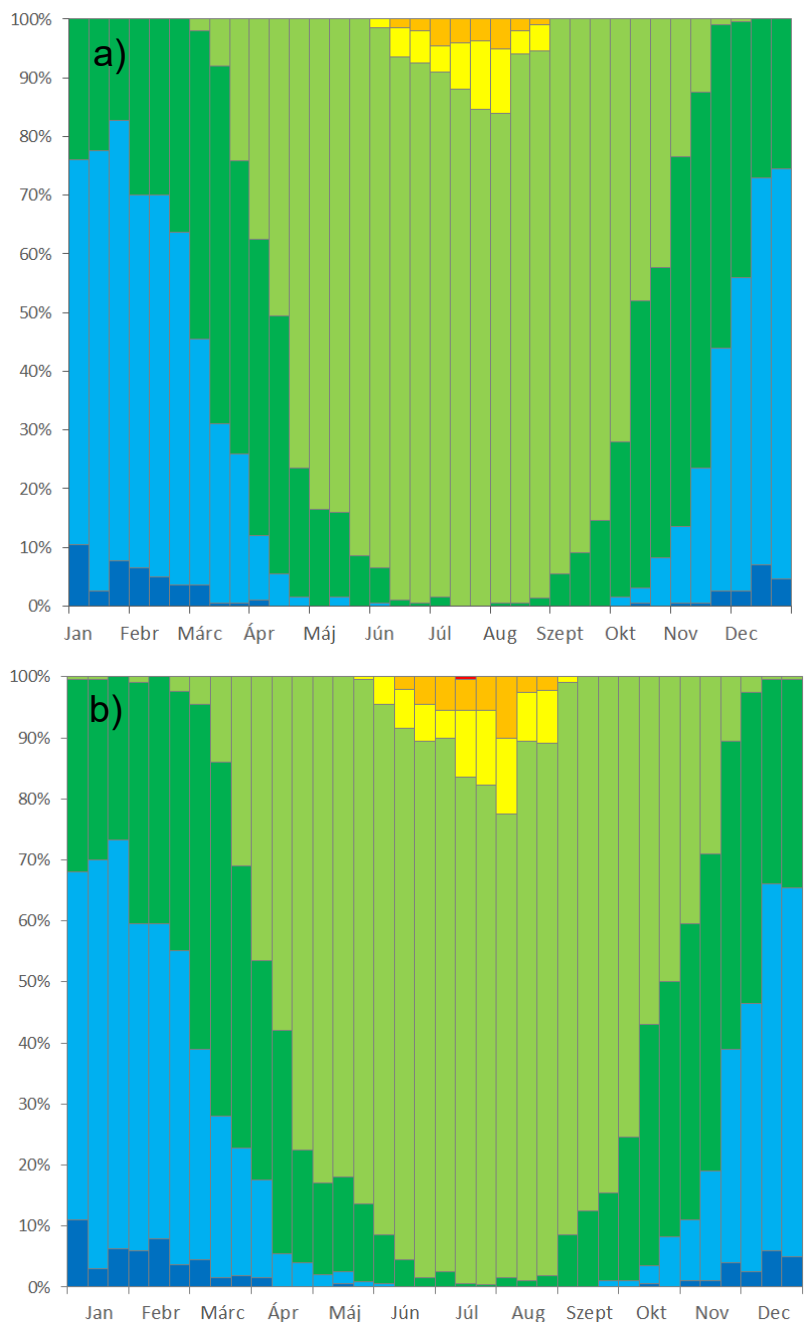
Az UTCI számításához 2 modellt kombinálnak. Ezek figyelembe veszik az emberi szervezet hőszabályzását és a ruházat által biztosított szigetelést, mely tényezőket a különböző környezeti feltételek befolyásolnak. Összességében tehát az UTCI becslést ad arra a „látszólagos”, vagy „érezett” hőmérsékletre, amelyet testünk érezne adott hőmérséklet, szélesebbesség, páratartalom és sugárzás mellett.

Az UTCI 11 stresszkategóriát különböztet meg, az extrém meleg hőstressztől (UTCI $\geq +46^{\circ}\text{C}$) az extrém hidegstresszig (UTCI $\leq -40^{\circ}\text{C}$). Az egyes kategóriák küszöbei alább olvashatók.

A sok lehetséges alkalmazás közül az UTCI hasznos lehet például az egészségre, az energiafogyasztásra gyakorolt hatások vizsgálatára.

Az UTCI 20 éves átlagának alakulását mutatja egy éven belül 10 napos bontásban a **26. ábra**. Budapest külterületén (26/a ábra) a legmelegebbnek augusztus első 10 napját érezhetjük, amikor legnagyobb a meleg stresszkategóriák aránya (enyhe és közepesen erős hőstresszes napok). Ezt, a külterületen számszerűsített hatást tovább fokozza a nagyváros hősziget hatása (26/b ábra). A belterületi állomás adataival

számított UTCI értékek közt a közepesen erős hőstresszen túl erős meleg stresszes napok is megjelennek július közepén.

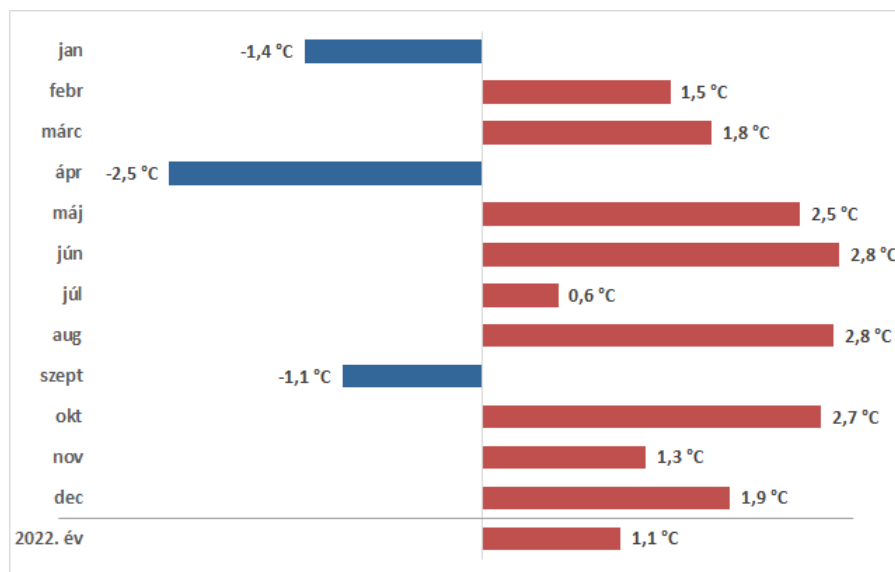


26. ábra: UTCI humán klímaindex relatív gyakorisága tíznapos bontásban Budapest külterületén (a) és belterületén (b) (2001-2020)

UTCI \geq 46 °C	extrém meleg stressz
38 °C \leq UTCI < 46 °C	nagyon erős meleg stressz
32 °C \leq UTCI < 38 °C	erős meleg stressz
28 °C \leq UTCI < 32 °C	közepesen erős meleg stressz
26 °C \leq UTCI < 28 °C	enyhe meleg stressz
9 °C \leq UTCI < 26 °C	nincs hőstressz
0 °C \leq UTCI < 9 °C	enyhe hideg stressz
-13 °C \leq UTCI < 0 °C	közepesen erős hideg stressz
-27 °C \leq UTCI < -13 °C	erős hideg stressz
-40 °C \leq UTCI < -27 °C	nagyon erős hideg stressz
UTCI \leq -40 °C	extrém hideg stressz

Az egyes évekre, hónapokra jellemző UTCI átlagok jelentősen eltérhetnek egymástól. A 27. ábra szemlélteti 2022 egyes hónapjainak a 20 éves (2001-2020) átlagos UTCI értékektől vett anomáliáját Budapest belterületén.

Jól látható, hogy január, április és szeptember kivételével mindegyik hónapot melegebbnek érezhettük, mint az átlag. A leginkább kimagasló anomália júniust és augusztust jellemezte, amikor 2,8 °C-kal érezhettünk melegebbnek az adott hónapokat, mint a 2001-2020-as időszak átlaga. Az egész évet 1,1 °C-kal érezhettük melegebbnek, mint a sokéves átlagot.

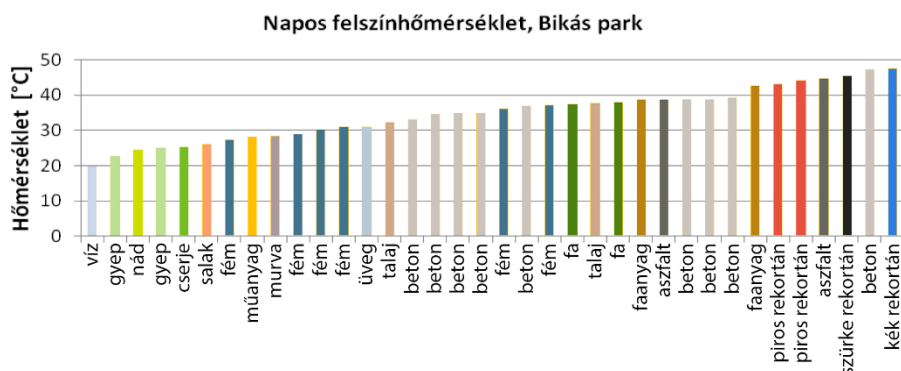


27. ábra: 2022 havi UTCI értékeinek eltérése a 2001-2020-as havi átlagoktól Budapest belterületén

F.3. A különböző felületek albedója és felszínhőmérséklete

Az újabb városklíma-kutatások eredményei közvetlenül hasznosíthatóak a településtervezők, építészek és a döntéshozók számára. Az ELTE Meteorológiai Tanszéke és Újbuda Önkormányzatának Környezetvédelmi Osztálya közötti együttműködésében 2018 júliusában különböző anyagú városi felületek felszínhőmérsékletének mérésére került sor.²⁰ A felmérés eredményei azt mutatták, hogy a nyári időszakban a direkt sugárzásnak kitett rekortán-, aszfalt- és betonfelületek melegszenek fel a legnagyobb mértékben, ezek felszínhőmérséklete az 50 °C-ot is meghaladhatja. Ezek az extrém meleg felületek nagy mértékben fokozni tudják a városi utcaszintben megjelenő hősziget-hatást, és a közelben tartózkodó emberek hőérzetét is kedvezőtlenül befolyásolják. A vizsgálatok rámutattak a színek megválasztásának és az árnyékolásnak a jelentőségére is.

A Bikás parki mérőhelyszínen a nappali felszínhőmérsékletek átlaga a napsütésnek kitett mérőpontokon a következőképpen alakult. A leghidegebb mérőpontok a tó vize, a gyepek és a nád, ezek átlagos hőmérséklete 19 °C és 25 °C között alakult. A legmagasabb felszínhőmérsékletű pontok a futballpálya kék rekortánja, a panelépület betonja, a sportpálya szürke rekortánja, az aszfaltút, valamint a futópálya piros rekortánja, ezek átlagos felszínhőmérséklete a vizsgált napokon 40 °C és 50 °C között alakult.



28. ábra: A 2018.07.02. és 05. között a nappali órákban mért napos felszínhőmérsékletek átlaga a Bikás parki mérőpontokon

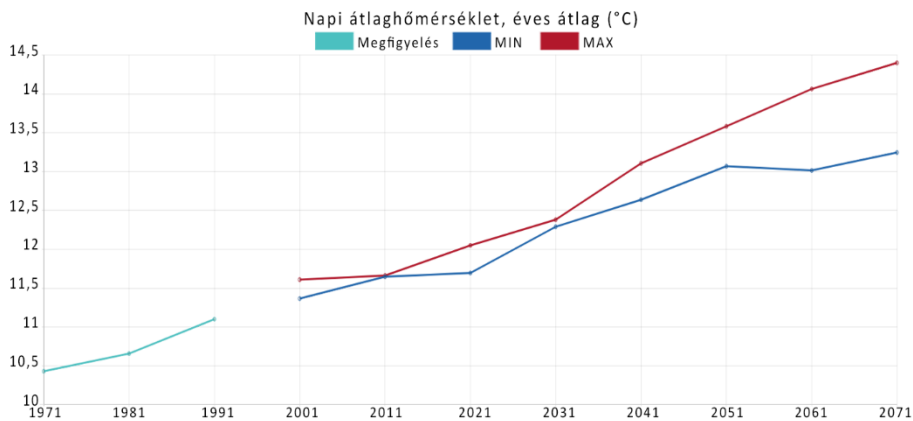
F.4. Várható változások a főváros éghajlatában

2022-ben az Országos Meteorológiai Szolgálat munkájaként létrejött a KlímAdat Adatbázis, mely a korábban elérhető regionális éghajlati modellekkel ellentétben kellő részletességű városi léptékű szimulációt is alkalmaz, így pontosabb előrejelzések állnak rendelkezésre a fővárosra vonatkozóan. A projekt az 1971 és 2100 között vizsgált időszakot 10 éves bontásban, az adott évszámtól kezdve 30 évre átlagolt adatot mutat be.

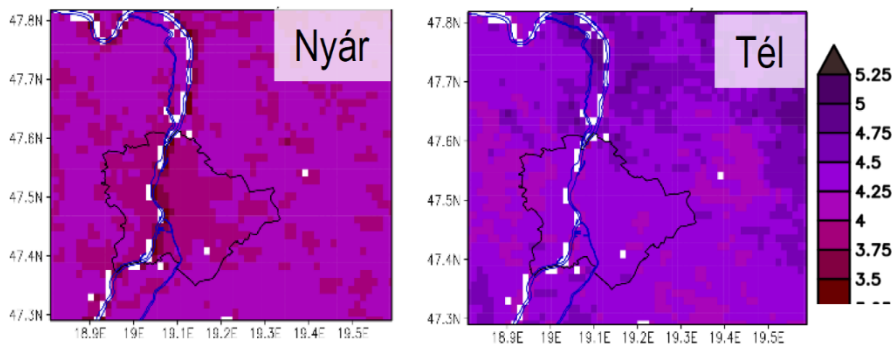
Az eredmények alapján 2071–2100-ban a magyarországi éves hőmérsékletváltozás 2-4°C lehet 1971–2000-hez képest, nyáron és télen azonban ennél fokozottabb mértékű melegedéssel számolhatunk. A fagyos napok (a 0°C alatti minimumhőmérsékletű napok) az ország nyugati felében akár el is tűnhetnek. Az éves csapadékmennyiség legfeljebb 24%-os növekedése várható a XXI. század végére, emellett a hosszabb nyári száraz időszakok és az őszi és téli intenzívebb csapadékesemények jelenthetnek kihívást.

A Budapestre végzett városi éghajlati modellkísérletek során az ALADIN-Climate regionális klímamodell eredményeit a SURFEX felszíni modellel finomították 1 km-es felbontást alkalmazva, az emberi tevékenység hatását egy közepes és egy magas kibocsátást feltételező forgatókönyvek szerint vették figyelembe. A városi modellkísérletek elsősorban a hőmérsékleti- és szélviszonyokat képesek leírni, a csapadékot nem.

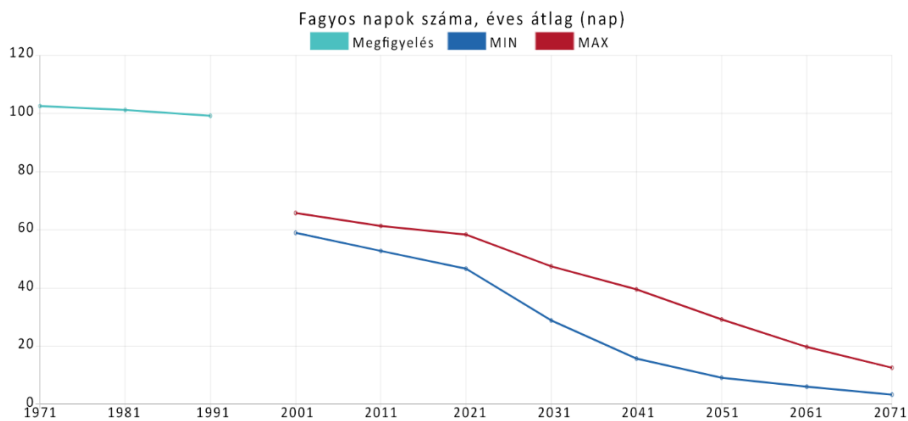
Az eredmények alapján a fővárosban elsősorban nyáron néhány tized fokkal mérsékeltebb hőmérséklet-emelkedés várható a jövőben a városkörnyéki természetes területekhez képest, aminek következtében a hősziget-intenzitás némileg csökken. Ez a negatív változás azonban a hősziget-intenzitás mértékénél egy nagyságrenddel kisebb, emiatt a város felett továbbra is magasabb átlaghőmérséklet és több magas hőmérséklettel kapcsolatos esemény várható a jövőben környezetéhez képest. A 2001–2030-as időszakra 59-66 napra csökkenhet a fagyos napok száma az 1971–2000 időszakra jellemző 103 naphoz képest.



29. ábra: A napi átlaghőmérséklet változása Budapesten (°C) (Forrás: klimadat.met.hu)



30. ábra: Az átlaghőmérséklet változása Budapest környékén (°C) (Forrás: met.hu)



31. ábra: A fagyos napok számának változása Budapesten (nap) (Forrás: klimadat.met.hu)

A fejezet hivatkozásai

¹ <https://apps.sentinel-hub.com/>

² <https://apps.sentinel-hub.com/>

³ Bartholy Judit, Pongrácz Rita: Városi hősziget elemzés Budapest városra, 2020. évre műholdas felszínhőmérsékleti adatok alapján (NovaSyl Kft., 2021)

⁴ Pongrácz R., Bartholy J., Dezső Zs. (2009): Application of remotely sensed thermal information to urban climatology of Central European cities. *Physics and Chemistry of Earth*

⁵ A klímaváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra (KRITÉR):

(http://www.met.hu/downloads.php?fn=KRITeR/doc/zaro/KRITER_zaro_final.pdf)

⁶ Városklíma Kalauz, 2011: Városklíma Kalauz. Döntéshozóknak és döntés-előkészítőknak. Magyar Urbanisztikai Tudásközpont, 25 o. (letölthető:

www.mut.hu/?module=news&action=getfile&fid=182647)

⁷ az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény kihirdetéséről szóló 1995. évi LXXXII. törvény 2. § 2. cikkely

⁸ Az ember által kiváltott, az ember tevékenységéből eredő, ahhoz kapcsolódó.

⁹ 1995. évi LXXXII. törvény 2. § 7. cikkely 2. és 4. pont.

¹⁰ az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményben Részes Felek Konferenciájának 1997. évi harmadik ülészakán elfogadott Kiotói Jegyzőkönyv kihirdetéséről szóló 2007. évi IV. törvény

¹¹ az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény; a keretrendszer hatályos: részben 2007. június 27-től, teljes körűen 2008. január 1-től.

¹² Hevesi Zoltán Ajtony zöldgazdaság fejlesztéséért, klímapolitikáért és kiemelt közszolgáltatásokért felelős helyettes államtitkár 2014 novemberi előadása alapján:

[http://konferencia.piacprofit.hu/2014-11-19-](http://konferencia.piacprofit.hu/2014-11-19-Magyar-Fenntarthatosagi-Csucs-2014/Hevesi-Zoltan-Ajtony.pdf)

[Magyar Fenntarthatosagi Csucs 2014/Hevesi Zoltan Ajtony.pdf](http://konferencia.piacprofit.hu/2014-11-19-Magyar-Fenntarthatosagi-Csucs-2014/Hevesi-Zoltan-Ajtony.pdf)

¹³ [https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-](https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&lang=en)

[d&chapter=27&lang=en](https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&lang=en)
¹⁴ [a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról szóló 23/2018. \(X. 31.\) OGY határozat](#)

http://real.mtak.hu/103152/1/2006-Klima_Vahava-MTA-KvM.pdf

¹⁶ 348/2018.(04.25.) Föv. KGy. határozattal elfogadta

¹⁷ 638/2021. (III.31.) Föv. KGy. határozattal elfogadta

¹⁸ [https://budapest.hu/Lapok/2023/budapest-masfelmillio-euros-tamogatast-nyert-](https://budapest.hu/Lapok/2023/budapest-masfelmillio-euros-tamogatast-nyert-klimalceljai-megvalositasahoz.aspx?fbclid=IwAR3Hbuy9G7FQ0gmVFmukczNvNXs8VDxKR9Bd4bnR1heHVRr7CTYo98IKlw0)

[klimalceljai-megvalositasahoz.aspx?fbclid=IwAR3Hbuy9G7FQ0gmVFmukczNvNXs8VDxKR9Bd4bnR1heHVRr7CTYo98IKlw0](https://budapest.hu/Lapok/2023/budapest-masfelmillio-euros-tamogatast-nyert-klimalceljai-megvalositasahoz.aspx?fbclid=IwAR3Hbuy9G7FQ0gmVFmukczNvNXs8VDxKR9Bd4bnR1heHVRr7CTYo98IKlw0)

¹⁹ Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K. *et al.* Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol* **56**, 481–494 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>

²⁰ Dezső Zs., Rumpler D., Pongrácz R., Bartholy J.: Felszínhőmérsékleti mérések Budapest XI: kerületében. Budapest, 2018.