

SZENT ISTVÁN EGYETEM
GAZDASÁGI, AGRÁR- ÉS EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI KAR
TESSEDIK CAMPUS
MŰSZAKI INTÉZET

Tudományos Diákköri Dolgozat

**SZARVAS VÁROS TELEPÜLÉSKLÍMÁJA ÉS KERTÉSZETI
VONATKOZÁSAI**

Készítette:
Litauszky Borbála
III. évf. hallgató

Konzulens:
Dr. Gombos Béla
főiskolai docens

SZARVAS
2012

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. Városklíma – éghajlati skálák, fogalmak	5
2.2. A városi hősziget.....	8
2.2.1. A hőmérséklet alakulása a városban	8
2.2.2. A városi hősziget alakulására ható tényezők	10
2.2.3. Magyarországi városklíma kutatások eredményei	12
2.3. A városi hősziget hatása.....	14
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	18
3.1. Szarvas város bemutatása éghajlati szempontból	18
3.2. Városklíma mérőhálózat	19
3.2.1. Állomáshálózat.....	19
3.2.2. Hőmérséklet-mérés	21
3.2.3. A mérési módszer értékelése.....	23
3.3. A feldolgozás módszere	24
4. EREDMÉNYEK	27
4.1. Átlagos hőmérsékleti viszonyok havi bontásban	27
4.1.1. Havi középhőmérséklet.....	27
4.1.2. Havi átlagos minimumhőmérséklet	28
4.1.3. Napi maximumhőmérsékletek havi átlaga	29
4.2. A hősziget kifejlődését gátló időjárási viszonyok.....	30
4.3. Városi hősziget az éjszakai órákban	33
4.3.1. Területi eltérések a napi minimum hőmérsékletben	33
4.3.2. A hősziget intenzitás éjszakai változása	36
4.3.3. Legnagyobb hőmérsékleti eltérések	37
4.3.4. Fagykárok szempontjából kritikus napok esettanulmányai	39
5. KÖVETKEZTETÉSEK	43
ÖSSZEFOGLALÁS.....	45
IRODALOMJEGYZÉK.....	47

1. BEVEZETÉS

Az urbanizáció folyamatának előrehaladtával a városklíma kutatása a meteorológia egyik fontos feladatává vált. A városok klímájának egy sajátos vonása, hogy a városi és a természetes felszín eltérő energiagazdálkodása miatt, a város belső területei az éjszakai órákban több fokkal melegebbek a külterületi részeknél. Ezt a jelenséget városi hőszigetnek nevezzük. Magyarországon eddig főként nagyvárosokban (Budapest, Debrecen, Szeged) folytak városklíma kutatások.

Manapság egyre többet hallunk az éghajlatváltozás lehetséges hatásairól, rengeteg pénzt költenek a vizsgálatára, próbálják a jövőben várható változások mértékét előrejelezni. Az éghajlatváltozás okozta átlagos hőmérsékleti növekedés az elmúlt 100 évben alig nem érte el az 1°C-ot, ezzel szemben a hősziget hatására kialakuló hőtöbblet már kisvárosok esetében is több fokot érhet el. Ezen kívül a városi hőtöbblet stabilan, tartósan fennáll, viszonylag könnyen felmérhető, és jelentős következményeit nem csak az elkövetkezendő évtizedekben, évszázadokban érezteti, hanem a mindennapi életünkre is hatással van. Ezen okok miatt elmondhatjuk, hogy a városklíma feltérképezése az éghajlati kutatások fontos részét kellene, hogy képezze.

TDK kutatásunk során azt kívántuk megismerni, hogy - az előző nagyvárosoknál egy lényegesen kisebb hely - egy alföldi kisváros mekkora hőtöbbletet biztosíthat a város periférikus területeihez képest. Eddigi városklíma kutatások többnyire magával a városi hősziget jelenségével foglalkoztak. Viszonylag kevés vizsgálat irányult a városi hőtöbblet emberekre, illetve környezetre gyakorolt hatásainak feltárására.

Napjainkban egyre inkább felértékelődik az otthoni (városon belüli) zöldség- és gyümölcstermesztés. Ez több szempontból is fontos, hiszen szívesebben fogyasztunk olyan táplálékot, melyet saját magunk termeltünk meg, csak ki kell menni érte a kertbe és leszakítani, friss, egészséges és megbízható forrásból származik. A városi hősziget témaköre a kiskerti termelést is érinti, ezért a dolgozatban külön hangsúlyt kap a városi hősziget kertészeti vonatkozása, ezen belül is a gyümölcstermesztésre gyakorolt hatása. Különösen ebben rejlik a dolgozat újszerűsége, mivel az előbb említett nagyvárosokban a városklíma kutatások eredményeit „csupán” klimatológiai, a fűtési igény (energiafelhasználás), illetve az emberi komfortérzet vonatkozásában vizsgálták.

A városklíma felmérésére széleskörűen alkalmazott a mobil mérési módszer, mely a hősziget térbeli struktúrájának leírására alkalmas. A dolgozatban, igazodva az előzőekben megfogalmazott célhoz, az állomáshálózaton alapuló módszert alkalmaztuk. Ez a módszer jóval részletesebb képet ad a városklímáról, a térbeli felbontást leszámítva.

Kutatásunkkal a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Hogyan alakultak a havi hőmérsékleti értékek (közép-, minimum- és maximumhőmérséklet) a városban illetve a külterületen?
- Milyen összefüggések vannak az időjárási helyzetek és a hősziget-kifejlődés között?
- Milyen átlagos és maximális hőmérsékleti eltérések voltak a kül- és belterületi mérőállomások között?
- Hogyan változott a hősziget intenzitása az éjszaka folyamán?
- Milyen területi eltérések adódtak a mérőállomásokon a minimumhőmérsékletek alapján?
- Milyen szerepe van a növényekre nézve a települési hőszigetnek a fagy szempontjából kritikus időszakokban?

A vizsgálatok során nyert eredményekkel, adatokkal kívántuk alátámasztani, hogy a városi hősziget milyen előnyös illetve hátrányos hatást gyakorol a településen belüli házikertekben folyó kertészeti termelésre, elsősorban gyümölcstermesztésre.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szakirodalmi áttekintés keretében átfogó képet nyújtunk a városklíma témájáról. A kapcsolódó alapfogalmak tisztázása után megismerhetjük a városklíma általános jellemzőit, valamint a környezetre gyakorolt hatásait.

2.1. Városklíma – éghajlati skálák, fogalmak

Az éghajlat egy adott helyen vagy területen uralkodó és ott folytonosan változó időjárások együttese, valamely adott légtér időjárásának rendszere. Az éghajlat ismerete felvilágosítást ad arról, hogy milyen szokott lenni, illetve milyen lehet az időjárás. Légtörünk mind horizontális mind vertikális irányban különböző éghajlatú, kisebb-nagyobb légterek változatos együttesének fogható fel. Ezek alapján lehetséges az alábbi éghajlati skálák elkülönítése:

- makroklíma,
- mikroklíma,
- mezoklíma.

Makroklíma

Makroklímának (elnevezése a *makrosz* szóból ered, jelentése: nagy) nevezzük az olyan hatalmas kiterjedésű légterek éghajlatát, amelyek közel homogének, tehát kisebb részinek éghajlata csak csekély mértékben tér el egymástól, a közöttük tapasztalható eltérések, pedig nagy távolságokon át, fokról fokra egyenlítődnek ki. Elmondhatjuk, hogy makroklíma akkor alakul ki, ha - nagyságrendjét illetően - több ezer négyzetkilométernyi terület feletti légtér azonos szintjében az éghajlatot befolyásoló tényezők értékeiben jelentősebb különbség nem adódik (*Bacsó, 1963*).

Mikroklíma

Dolgozatom szerves részét alkotja a mikroklíma témaköre, ezért a kapcsolódó fogalmak, főbb összefüggések tisztázása kulcsfontosságú.

A növényzet, a talaj és a légkör dinamikus kapcsolatának révén a felszín közelében adott nagyobb térség éghajlatától eltérő, térben és időben változékony időjárási viszonyok alakulnak ki, melyeknek rendszerét mikroklímának nevezzük (*Bussay, 1994*). Tehát a mikroklíma olyan felszínközelbeli mikrometeorológiai folyamatrendszer, amelyet a felszín és a légkör sajátosságainak kölcsönhatása alakít ki, a helyi adottságok által megszabott határok között (*Szász és Tőkei, 1997*). A mikroklíma olyan abiotikus ökológiai tényező, mely fizikai tulajdonságaival jelentősen befolyásolja

a biológiai folyamatokat. További jellemzője, hogy a sugárzást elnyelő felszín közelében jön létre, csupán néhány méter magasságban érezteti hatását, változékony, ugyanakkor folytonos jelenség.

A mikroklíma kialakulását különböző tényezőkre vezethetjük vissza. Adott felszínnel kapcsolatban elsődleges fontosságú a beérkező sugárzásmennyiség, a felszín anyaga, termodinamikai tulajdonságai, tájolása, lejtőviszonyok, a felszínen található vegetáció. Ezek a tényezők különböző helyeken eltérőek lehetnek, mozaikszerűen változnak, így láthatjuk, hogy a városklíma gazdag mikroklímákban.

Ezekből következik, hogy ha egy terület makroklímáját kívánjuk felmérni, ne olyan helyre tervezzük a mérést, amely kis területen a hőmérséklet tekintetében jelentősen különbözik a környezetétől. Fontos kiszűrni a mikroklimatikus hatásokat, hiszen ebben az esetben nem a helyi viszonyok felmérése a cél, hanem egy nagyobb kiterjedésű terület éghajlatának vizsgálata.

Mezoklíma

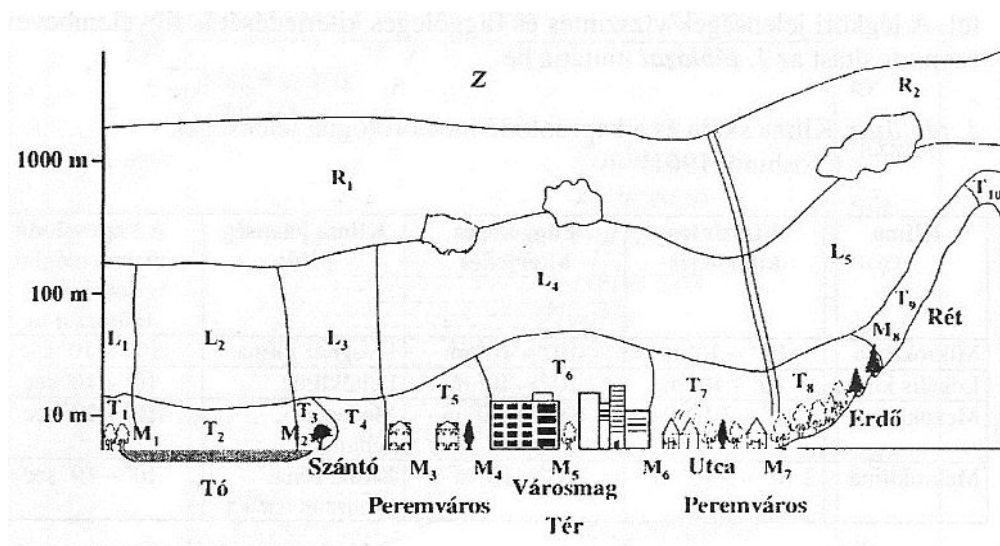
Az előbbieken vizsgált két klímakategória, a makro- illetve mikroklíma között képez átmenetet a mezoklíma. Köztes jellege miatt fogalmát nehéz pontosan definiálni. Elmondhatjuk, hogy bizonyos tulajdonságaiban egységes, más elemeit tekintve rendkívül változatos képet mutat. Mikroklímákban gazdag, akár több ezer négyzetkilométeres területet is lefedhet. A mezoklímát különböző éghajlati elemek értékében folyamatosan fennálló, térben és időben ugyan változó, de bizonyos szabályszerűséget mutató eltérések jellemzik, amelyek megkülönböztetik a környezetétől.

Mezoklímán belül három klímakategóriát különböztetünk meg, attól függően, hogy milyen tényezők járultak hozzá a kialakulásukhoz:

- Emberi tevékenység hatására alakul ki a városklíma, amely a következőkben részletesebben kerül bemutatásra.
- Terepklímáról abban az esetben beszélünk, ha az adott klíma kialakulását domborzati viszonyokra vezettjük vissza.
- A nagyobb vízfelületek (tavak, folyók) környezetében kialakuló klíma is a mezoklímák közé sorolható.

A szakirodalomban az éghajlati skálák másfajta definiálása is megtalálható. A mikro- és a makroklíma közötti tartományban helyezkedik el a topoklíma, a lokális és a regionális (mezo) klíma (Unger, 2010). Ebben a felosztásban a városklíma egyfajta lokális klíma, az egyes városrészek klímája a topoklíma kategóriájába tartozik (1. ábra). A klímakutatás szempontjából az is igen fontos, hogy még az egyes városrészek klímája sem egységes, számtalan mikroklimatikus különbséget rejt. Például eltérő hőmérsékleti viszonyok jellemzők az épületek északi és déli

oldalán, az utak felett, a fák alatt, a kertekben stb.



1. ábra: Az éghajlati jelenségek térbeli skálái (Unger, 2010)

Z - zonális (makro) klíma, R- regionális (mezo) klíma, L- lokális klíma, M-mikroklíma

Olyan természetföldrajzi adottságok, mint a város elhelyezkedése az adott éghajlati zónában, a domborzat, fekvés, növényborítottság erősíthetik, de olykor gyengíthetik az antropogén hatások által eredményezett változások mértékét. Előbbi változásokat az okozza, hogy a városokban természetes felszín egyre kisebb felületen lelhető fel, miközben növekszik a mesterséges útburkolatok területe, melyeket fizikai tulajdonságaikból adódóan gyenge vízáteresztő képesség, kisebb albedo, valamint nagyobb hővezetési képesség jellemez. A város épületeinek magassága (tetőszint) általában változatos képet mutat, amely szintén befolyásoló tényezőként jelenik meg.

A változások egy másik forrása, az emberi tevékenység folytán termelt hő. Ez a többlet hőmennyiség növelheti a városok belső területeinek hőmérsékletét. Fűtési időszakban, illetve ipari termelés során különböző idegen anyagok (korom, vízgőz, füst, szilárd szennyezőanyagok) is kerülnek a légkörbe, megváltoztatva annak sugárzásáteresztő képességét. Mindez eredményeként a városok felett sajátos légrétegződés alakul ki, amely eltér a vidéki környezet légrétegződésétől.

A **városi határréteg** lokális vagy mezoskálájú jelenség, a réteg alapját a tetőszinttől mérjük, fő tulajdonságait a város felszíne határozza meg, magassága, pedig az érdességi viszonyok függvénye. Abban az esetben, ha enyhe vagy mérsékelt szél fúj, a réteg az uralkodó széliránynak megfelelően „toll”, vagy „fáklya” alakot felvéve mozdul el. Így a vidéki határréteg felett is érezhető a város klímájának hatása (2. ábra).

A **városi tetőréteg** egy vékony réteget foglal magában, mely az épületek tetejének alakját veszi fel. Az itt lezajló folyamatokat mikroklimatikus folyamatok befolyásolják.



2. ábra. A városi légkör szerkezete gyenge szél esetében (Unger, 2010)

Vidéki határréteg fogalma alatt a természetes felszín felett található réteget értjük. Turbulens folyamatok alakítják, melyeknek kettős oka van: egyrészt a természetes felszín egyenetlenségei felett áramló levegő sűrűsödése, másrészt a felmelegedett felszínről származó levegő hűvösebb légrétegek felé irányuló mozgása.

2.2. A városi hősziget

Ha a késő esti órákban - leginkább ekkor érzékelhető a jelenség - átmegyünk egy városon, és ezt nem autóval tesszük-, érezhetjük, hogy a városközpontban sokkal enyhébb az idő, mint a külterületi részeken. A város „szigetszerűen” melegebb a környezeténél. Ezt a jelenséget találóan városi hőszigetnek nevezik.

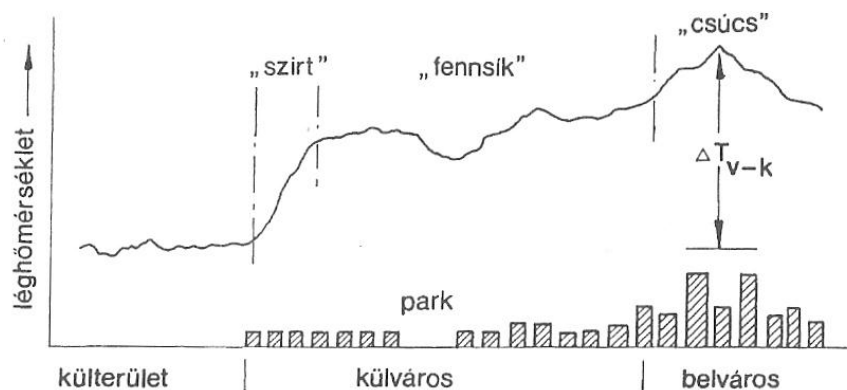
2.2.1. A hőmérséklet alakulása a városban

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a léghőmérséklet a külterületek felől a belváros felé haladva fokozatosan emelkedik. A 3. ábrán látható, hogy az első jelentősebb emelkedés már a külváros szélétől mérhető, itt a hőmérsékleti gradiens $0,4\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ értéket is felülmúlja. A továbbiakban lassú, ugyanakkor viszonylag egyenletes hőmérséklet-emelkedéssel számolhatunk, melyet csak a közbeékelődő parkok, vízfelületek, ipari létesítmények egységei változtatnak meg kissé. A sűrű beépítettségű városközpontban a legmagasabb a hőmérséklet (Szász és Tőkei, 1997).

A városi hőszigetet intenzitásával jellemezzük, melyet a városközponti- és környéki területeinek hőmérsékleti különbségéből származtatunk (Próbáld, 1974). A témával foglalkozó kutatók a hősziget intenzitást többféle módon határozták meg:

- a belvárosi és egy külterületi állomás órás adataiban tapasztalható hőmérsékleti eltérés
- keresztmetszeti vizsgálatok során a pontonkénti értékekből levonták a legalacsonyabb hőmérsékletű pont értékét (Unger, 2010)

- a belterületi és az adott településsel szomszédos külterületi mérőpontok átlagos léghőmérsékletének különbsége
- a belterületi mérőpont és az összes külterületi mérőpont átlagának különbsége. (Molnár et al., 2006)



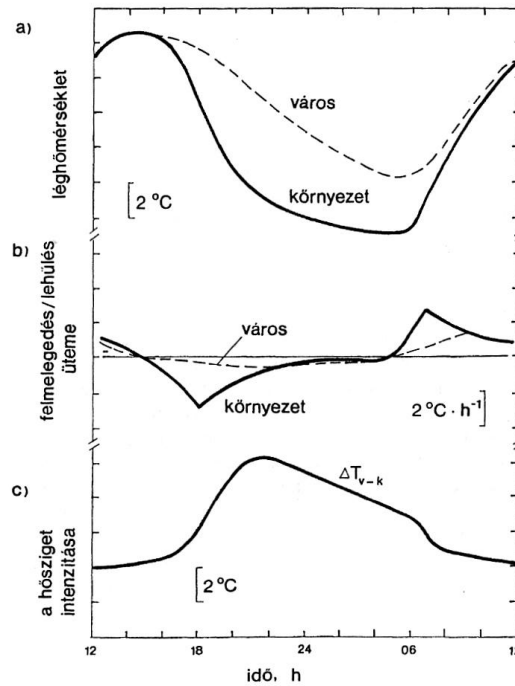
3. ábra. A városi hősziget keresztmetszete (Szász és Tőkei, 1997)

A különböző időjárási helyzeteket a városi hőszigetre gyakorolt hatásuk alapján három kategóriába soroljuk:

- kedvező időjárási helyzet: anticikloncentrum–helyzet, valamint gyenge légmozgással kísért anticiklonperem-helyzet, derült, szélcsendes időjárás.
- kedvezőtlen időjárási helyzet: borult, csapadékos időjárás, erős légmozgással járó ciklonális időjárási helyzet.
- közömbös időjárási helyzet.

Évszakok szerint változik a kedvező, illetve kedvezőtlen időjárási helyzetek gyakorisága. Leggyakrabban ősz elején és derekán, továbbá a nyár második felében alakul ki kedvező időjárási helyzet, míg legritkábban tavasz közepén és nyár elején jellemző (Szász és Tőkei, 1997; Szegedi és Kircsi, 2003).

A hősziget-kialakulás jellegzetes napi menetet mutat. A hőmérséklet napi menetének fontos tulajdonsága, hogy a városi területeken a késő délutáni illetve a hajnali lehűlés kevésbé jelentős. A reggeli órákban a városi területek lassabban melegsznek fel. A különböző irodalmi források szerint a hősziget-intenzitás napnyugta után 3-5 órával éri el a maximumát (Unger, 1992a; Unger, 1996). A 4. ábra jól reprezentálja a város azon képességét, mellyel tompítja a hőmérséklet ingadozását, ezzel szemben a külterületi felmelegedési és lehűlési görbék meredekebbek a város ezen görbéinél.

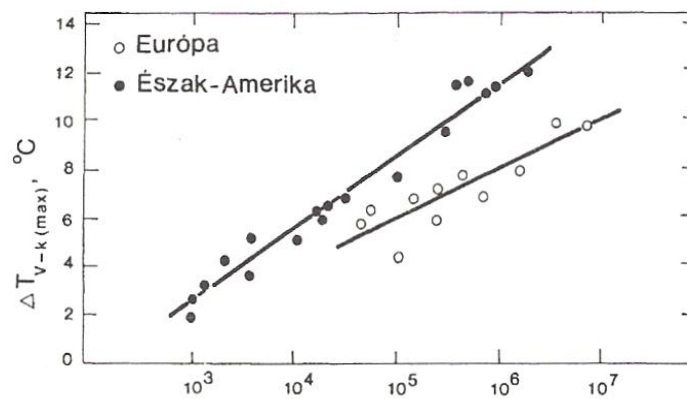


4. ábra. A léghőmérséklet napi menete a városban, a lehűlés és a felmelegedés üteme és a hősziget-intenzitás alakulása ideális időjárási helyzetben (Szász és Tőkei, 1997)

2.2.2. A városi hősziget alakulására ható tényezők

A településméret és a hősziget-intenzitás összefüggése

A hősziget-intenzitás mértéke szoros összefüggést mutat a város méretével. A városméret jellemzésére többnyire a népességszámot használják (a település területe helyett). Amerikai kutatók eredményei szerint már 2-3000 fővel rendelkező település is létrehoz hőszigetet (Oke, 1973). A lakosságszám illetve a hősziget intenzitás közti szoros összefüggést az 5. ábra mutatja be.



5. ábra. A maximális hősziget intenzitás és a lakosságszám közti összefüggés európai és észak-amerikai településeken (Szász és Tőkei, 1997)

Európai városokra vonatkozóan is Oke (1973) adta meg az első összefüggést, mely alapján a hősziget intenzitása számolható a népességszám ismeretében:

$$T_{v-k(max)} = 2,01 \lg(P) - 4,06$$

ahol $T_{v-k(max)}$ a maximális hősziget intenzitás értéke (°C), P pedig a népességszámot jelenti.

Az összefüggés szerint egy 1000 fős településen kb. 2 °C, egy 10.000 fős településen 4 °C, 100.000-es lakosság esetén 6 °C a maximális hősziget intenzitás értéke.

A szél és a hősziget kapcsolata

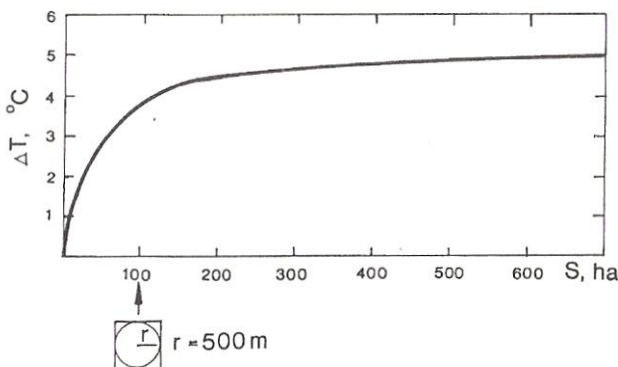
A hősziget kialakulására jelentős hatást gyakorol a szél, mint légköri elem. Minél erősebb a szél, jellemzően annál erősebb a keverőhatása, és így kevésbé tudnak érvényesülni a lokális hőmérséklet-kialakító tényezők. Erős szél a városi hőszigetet gyengíti, sőt a fennálló hőmérsékleti különbséget lényegében meg is szünteti. Ezt a kritikus szélesebességet, mely a város nagyságával (népességével) mutat szoros összefüggést, empirikus képlet segítségével a következő módon számíthatjuk ki (Oke és Hannel, 1970):

$$v = 3,41 * \lg P - 11,6 \quad (\text{m/s})$$

ahol P adott város népességszámát jelöli. Szeged népességi adataival számolva (~ 170 000 lakos) a kritikus szélesebesség 6,23 m/s, Debrecen esetében (~207 000 lakos) pedig 6,53 m/s.

A városi zöldfelületek hatása a városklímára

A városban található zöldfelületek is jelentős hatást gyakorolnak a hőmérséklet alakulására, hőmérséklet-csökkentő hatással bírnak. Ez a hatás a zöldfelület növekedésével eleinte gyorsan, 100 ha felett lassan, 600 ha-nál nagyobb terület esetében alig-alig változik (6. ábra).



6. ábra. Fásított zöldterületek mérete (S) és a legforróbb városi mikroklíma térségeihez viszonyított hőmérséklet-csökkentő hatása közti összefüggés derült nyári napok délutáni óráira

(Szász és Tőkei, 1997)

Nagyobb kiterjedésű zöldterületek néhány száz méteres távolságban éreztetik hőmérséklet-csökkentő hatásukat. Ennek a jelenségnek bioklimatológiai szempontból különösen a derült, nyári napokon van jelentősége, hiszen a hűtő hatás jelentősen csökkenti a városlakó emberek hőérzetét, pozitív befolyással van a komfortérzetre. A fásított zöldterületek mérete és a hőmérsékletcsökkentő-hatás közti összefüggést a következő képlettel adhatjuk meg (Szász és Tőkei, 1997):

$$\Delta T = 2,1 * S^{0,134}$$

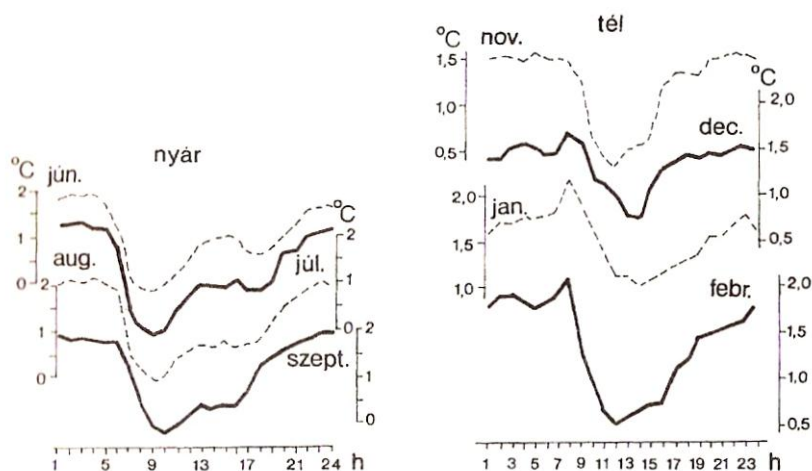
ahol ΔT a hőmérsékletcsökkentő-hatás (°C), S (ha) a zöldfelület területe.

2.2.3. Magyarországi városklíma kutatások eredményei

A hazai városklíma kutatás több évtizedes múltra tekint vissza. A vizsgálatok – a hősziget jelenség természetéből fakadóan - általában nagyvárosokban folytak, illetve folynak. A települési hősziget vizsgálata kisebb települések esetében kevésbé jellemző, az erre vonatkozó publikációk száma lényegesen kevesebb. Ezen - Szarvas városhoz hasonló méretű - településekre vonatkozó eredményeket a fontosságuk miatt külön foglaljuk össze.

Hősziget nagyvárosokban

Fővárosunk esetében az évi középhőmérséklet területi eloszlásában, a belvárosban és a város közigazgatási határa között jelentős különbségek alakulnak ki. A mért adatok akár 1,5-2,0°C-os eltérést is eredményeznek, amiből a távolságokat figyelembe véve 0,01-0,03°C/100 m gradiens számolható (Szász és Tőkei, 1997). A 7. ábra a hősziget intenzitás napi menetét mutatja be, nyári és téli hónapokra lebontva. Nyári időszakban mérhetjük a legnagyobb különbségeket a bel-, illetve külterületi állomások között, akkor is inkább az éjszakai órákban jelentkezik ez a hatás, értéke 2°C körül alakul.



7. ábra. A hőmérsékleti eltérések napi menete nyári és téli hónapokban Budapest belvárosa (V., Madách tér) és külterülete (XVIII., Pestlőrinc) között (Szász és Tőkei, 1997)

Napkeltét követően a hősziget gyengébb lesz, délelőtt, pedig akár az a helyzet is előállhat, hogy a város szélén magasabb hőmérsékleteket mérhetünk, mint a belterületen.

A budapesti eredmények állomáshálózaton alapuló mérésekből származnak. Szeged esetében is folytak ehhez hasonló vizsgálatok, ahol az adatbázist egy 10 állomásból álló hálózat adatai jelentették. Derült napok napi hőmérsékleti átlagaiból számolt évszakos középhőmérsékletek segítségével megfigyelték a városi hősziget évszakos változását. Eredményeik szerint a belvárosban átlagosan 1,5-2°C-kal van melegebb a külterületnél, de a különbség a 2,5°C-ot is meghaladhatja. (Unger, 1992b).

Újabban a nagyvárosokban (Szeged, Debrecen) folyó kutatások főképp mobil technikával történnek, ami azt jelenti, hogy gépkocsira szerelt műszerekkel végzik a mérést, egy előre megtervezett útvonalon végighaladva (Szegedi, 2005).

Debreceni vizsgálatok szerint az éves átlagos maximális hősziget intenzitás értéke 2,3°C. A fűtési és a nem fűtési félévet összehasonlítva a hősziget intenzitása a nem fűtési félévben erőteljesebb (fűtési félévben 2,1°C, nem fűtési félévben 2,5°C) (Szegedi és Kircsi, 2004). Szegeden is hasonló eredményre jutottak: az átlagos ΔT maximális értékei a téli és a nyári félévben jelentősen különböznek. Értékeik a következők: 2,12°C a téli, illetve 3,18°C a nyári időszakban (Unger, 2010). Az eredmények a két nagyvárost összehasonlítva némileg eltérnek, főleg a nyári félévben adódik jelentősebb különbség a két városban mért hősziget- intenzitási értékekben, 0,68°C Szeged javára. Ennek okát kereshetjük az eltérő beépítettségben, illetve, hogy Debrecen esetében az antropogén hőterhelés szerepe kevésbé meghatározó a városi hősziget létrejöttében. (Szegedi és Kircsi, 2004) Összevetve a budapesti, szegedi és debreceni eredményeket, levonhatjuk azt az általános következtetést, hogy a hősziget intenzitása nagyobb értékeket vesz fel a nyári időszakban, mint a téli félévben.

Az Oke-féle képlettel a maximális intenzitás értéke Szegeden 6,44°C, Debrecenben, pedig 6,7°C, ami első látásra ellentmond az előzőekben közölt hőmérsékleti értékeknek. Valójában a képlet az „ideális körülmények között” előforduló legmagasabb várható hősziget intenzitás kiszámítására alkalmas. A legnagyobb mért értékek Szegeden a 8°C-ot is megközelítik (Sümeghy, 2004), Debrecenben pedig 5,8°C-ot ért el az abszolút maximális hősziget intenzitás (Szegedi és Kircsi, 2004).

Hősziget kisebb településeken

A hősziget- effektus vizsgálata egyre elterjedtebbé válik kisebb településeken is. A kutatás célja általában a településméret és a hősziget intenzitása közti összefüggések feltárása. Egyik ilyen határon túli, de erősen magyar vonatkozású kutatás Kárpátalja alföldi részeire terjedt ki. Mobil

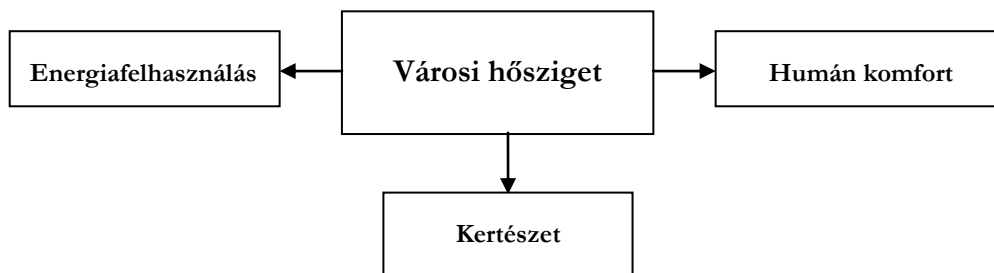
gépkecsis mérés keretében olyan útvonalat terveztek, ami különböző méretű településeken haladt keresztül, a falvak népességszáma 0,4 és 9 ezer között változott, ezen kívül három várost is érintett: Munkács (82 ezer lakos), Beregszász (26 ezer), Csap (9 ezer). A maximális hősziget intenzitás, amit az egyes belterületi és adott településsel szomszédos külterületi mérőpontok léghőmérsékleti különbségéből adódik, mind Munkács, mind Beregszász esetében $5,5^{\circ}\text{C}$ körülnek bizonyult. A városok közti majdnem háromszoros népességbeli különbség miatt ez igen meglepő. Az ezernél kisebb főt számláló falvakban a maximális intenzitás $0,8$ és $1,7^{\circ}\text{C}$ között alakul, az átlagos intenzitás ideális időjárási helyzetben $0,5^{\circ}\text{C}$ körüli, több ezer fős településeken, pedig 1°C körüli értékeket mértek (Molnár et al., 2006).

Hajdúsági településeken a vizsgálatokba különböző méretű városokat, falvakat vontak be (Hajdúböszörmény, Hajdúnánás, Hajdúvid). Mind a kárpátaljai mind a hajdúsági településeken végzett vizsgálatok igazolják, hogy a városperemi területek a leghűvösebbek, a városközpontokban érezhető leginkább a településméret hőszigetet indukáló hatása. Bizonyították, hogy ideális körülmények között már ezer, vagy annál kevesebb főt számláló településen is kialakul a hősziget-effektus. Nyilván nem olyan intenzitással, mint a nagyvárosokban, de mérhető a település és a környezete közötti hőmérsékleti eltérés. Példaként említhetjük Hajdúvidet (népessége 809 fő), ahol az egyik szeptemberi mérési alkalommal az átlagos maximális hősziget intenzitás $0,5^{\circ}\text{C}$ körüli értékeket vett fel (Szegedi és Baros, 2006). A kárpátaljai méréssorozat napi maximális hősziget intenzitási adatai valamivel nagyobb értékeket mutatnak. A 852 fős Tiszaásvány esetében egy mérési napon $1,3^{\circ}\text{C}$ volt a maximális hősziget intenzitás (Molnár et al., 2006).

A két település intenzitási értékei nyilván nem hasonlíthatók össze, mivel első településen az átlagos maximális intenzitás, második településen, pedig az abszolút maximális intenzitás adatai állnak rendelkezésre, de alátámasztják azt a feltételezést, hogy már alacsony lélekszámú településeken is kialakul a hősziget-jelenség.

2.3. A városi hősziget hatása

A Föld lakosságának csaknem 50 százaléka városokban él, így a városi hősziget hatásai emberek millióit érintik, ugyanakkor a városklímával kapcsolatos publikációk nagy része „csupán” magával a városi hősziget jelenségével foglalkozik. Viszonylag kevés vizsgálat irányul a hősziget emberekre, valamint a környezetre gyakorolt hatásainak feltárására. Klímafüggő, hogy a városi hőtöbbletnek milyen pozitív és negatív hatásai vannak. Hazánkban az eddigi vizsgálatok elsősorban a humánkomfort és az energiafelhasználás (fűtési igény) területét érintették. A növényekre gyakorolt hatás, és különösen az ennek speciális részterületének tekinthető kertészeti vonatkozások feltárása eddig nem került a városklíma-kutatók érdeklődésének középpontjába (8. ábra).



8. ábra. A városi hősziget hatásai

Humán komfort

A városi hősziget esetében pozitív és negatív hatásokkal egyaránt számolnunk kell. A városi környezet sajátosságai miatt, (természetestől jelentősen eltérő felszíni struktúra, beépítettség és az ennek hatására fellépő fizikai változások) az emberi szervezetet hőmérsékleti szempontból számos stresszhatás éri. Nyári időszakban, a városközpontokban tapasztalható jelentős hőtöbblet terhelő hatásként jelentkezik, így a nagyobb hőstressz miatt negatív módon hat van az emberek komfortérzetére. Ugyanakkor a téli időszakban a városi hősziget előnye érvényesül. A városban kialakuló magasabb hőmérséklet, valamint a rövidebb ideig tartó hideg periódus javítja a városlakó emberek komfortérzetét (*Gulyás et al., 2004*).

Energiafelhasználás

Téli időszakban kifejezetten pozitív jelenségként foghatjuk fel a városok erőteljesebb felmelegedését, hiszen a **fűtési időszak** megrövidül, a fagymentes napok száma nő, így csökken a fűtésre fordítandó energiafelhasználás. Szegedi kutatók eredményei is alátámasztják ezt az állítást. A városi és a külterületi fűtési napok, és a fűtési foksámok havi átlagai szerint a városban három héttel megrövidül a fűtési szezon. Decemberben és januárban, a leghidegebb hónapokban nincs különbség a kül- és belterületi fűtési napok számában, februárban csak átlagosan 0,7 nap ez a különbség. A tavaszi és az őszi időszakban nagyobb az eltérés, pl. októberben 8,7 nap, márciusban és áprilisban 5 nap körüli. A belvárosban a fő fűtési időszakban az energia igény 10%-kal alacsonyabb a külterületinél. Például októberben több mint 100°C az eltérés a külterületen és a városban a fűtési foksámok tekintetében. A leghidegebb hónapokban ez a különbség 50°C körüli, márciusban és áprilisban 65°C és 80°C (*Unger és Makra, 2007*).

Növényekre gyakorolt hatás

A városi környezet nem csupán az emberek, hanem növények élettere is. A belvárosi területekre általában díszfákat, díszcserjéket telepítenek, azonban vidéki településeken, családi házak kertjeiben jellemző a haszonnövények termesztése is. A városon belül a növényeknek

speciális ökológiai feltételekhez kell alkalmazkodnia: a mesterséges felszín és a nagyfokú beépítettség a sugárzási, vízellátottsági és hőmérsékleti viszonyokat nagymértékben befolyásolja.

A nagyvárosok nem nevezhetőek a **kertészeti termelés** fő színhelyének, de elmondhatjuk, hogy minden városban, főleg a családi házas övezetekben jellemzőek a kertek. Manapság a kerttervezésben a parkosítás jelenik meg vezető trendként, de gyakori a kertek gyümölcsfákkal történő beültetése, illetve hobbikertek létrehozása, ahol a családok saját maguk termelhetik meg az ellátásukhoz szükséges táplálékok egy részét. A városi hősziget kedvező hatása ezen a területen is jelentkezik. A városban tapasztalható magasabb hőmérsékletek miatt a fagymentes időszak és a vegetációs periódus meghosszabbodása miatt valamivel hosszabb tenyészidejű növényfajok termesztésére is lehetőség van. A városokban kevésbé erősek az éjszakai lehülések, ennek következményként kisebb a növényeket károsító fagy kockázata. A rövidebb hóborítottság megítélése nem egyértelmű. A hótakaró ugyanis védelmet nyújt az alatta található növényi részeknek, viszont a hóréteg felett erősebb a lehülés.

A fenológiai fázisok eltolódását Debrecen és Szeged városok esetében vizsgálták, a napi megfigyelésekhez az aranyvesszőt (*Forsythia suspensa*) választották, mert ez a növény mindkét város esetében elterjedt. Az eredmények azt mutatják, hogy a fenológiai fázisok bekövetkezési időpontja szoros kapcsolatban van a hősziget intenzitás területi eloszlásával, a legszorosabb kapcsolat a 100%-os virágzás bekövetkezési időpontja között találtak. Magas hősziget intenzitású, sűrű beépítettségű régióban a fenológiai fázisok 4-8 nappal korábbra is tolódhatnak. A fenológiai fázisok időbeli eltolódását részben a hősziget jelenségnek tulajdonítják. A földrajzi helyzet és a makroszinoptikus feltételek okozzák a virágzási időszak közti eltérést a két vizsgált város esetében (Lakatos és Gulyás, 2003).

A városklíma kertészeti hatásainak vizsgálatához szükséges a szóbajövő gyümölcsstermesztés hőmérsékleti vonatkozásait röviden áttekinteni.

A városokban tapasztalható hőmérsékleti többlet a gyümölcsstermesztésre is kedvező hatással van. Főleg a kora tavaszi fagyok jelentős károkat tudnak okozni a külterületi gyümölcsösökben, ahol ez a természetes „melegítő” hatás nem érvényesül. A tavaszi időszakban még gyenge fagyhatás is végzetes hatással lehet az adott évi termésre, ahogy az 1. táblázatból is leolvasható.

Nem csupán a tavaszi fagyok okozhatnak jelentős károkat egy gyümölcsösben, hanem a téli fagyok is veszélyeztetnek bizonyos gyümölcsfákat. A fák téli károsodása nem csak az adott évi termést teheti tönkre, hanem a gyümölcsfák részleges pusztulását is okozhatja. A városi hősziget jelenség kedvező hatása ebben az esetben is érvényesül, hiszen a keményebb téli fagyokat gyengíti a városban tapasztalható hőtöbblet.

1. táblázat. Gyümölcsfajták fagyútérése egyes fenofázisokban (Bussay, 1994)

Növény (C°)	Rügypattanás (C°)	Virágzás (C°)	Terméskötés (C°)
Alma	-2,8 -3,9	-1,7 -2,5	-1,1 -2,7
Őszibarack	-1,7 -6,7	-1,1 -3,9	-1,1 -2,2
Köre	-1,7 -3,9	-1,7 -2,2	-1,0 -2,2
Szilva	-1,1 -5,6	-0,6 -3,0	-0,6 -2,2
Kajszi	-1,1 -5,6	-0,6 -2,2	-0,5 -2,2
Cseresznye	-1,7 -5,6	-1,1 -2,7	-1,1 -2,2

Soltész (1997) a gyümölcsfajokat értékelte az ökológiai tűrőképességük alapján. A környéken legelterjedtebb gyümölcsfajok közül a mélynyugalmi időszakban legkevésbé fagyútörök a kajszi, birs, cseresznye és a mogyoró (2. táblázat).

2. táblázat: A gyümölcsfajok ökológiai tűrőképessége (Soltész, 1997)

A pontok kisebb értéke a kedvezőbb megítélést jelenti (1-5 terjedő skála)

Gyümölcsfaj	Fagyútérés mélynyugalomban	Fagyútérés kényszernyugalomban	Tavaszi fagykár valószínűsége
Alma	2	2	2
Meggy	3	3	3
Szilva	3	3	3
Málna	2	4	1
Szamóca	3	4	4
Mogyoró	4	4	2
Dió	2	3	4
Körte	3	3-4	3-4
Őszibarack	3	4	4
Cseresznye	4	4	4-5
Birs	4	5	2
Kajszi	4	5	5

A kényszernyugalmi időszakban fagyokra legérzékenyebbek a kajszi a birs, illetve ezt követően a körte, a cseresznye, az őszibarack és a málna. A tavaszi fagykár valószínűségét a legfagyérzékenyebb fenológiai állapotok (pl. virágzás) jellemző időpontja és az akkori fagyérzékenység együttesen határozza meg. A tavaszi fagykár valószínűsége legnagyobb a kajszi és a cseresznye esetében.

A táblázatban nem tüntettük fel a fügét, melyre a kemény téli fagyok jelentenek veszélyt, és a mandulát, ami korai virágzása miatt tavasszal fagykárt szenvedhet, mivel ezek a növények Szarvas környékén nem jellemzőek.

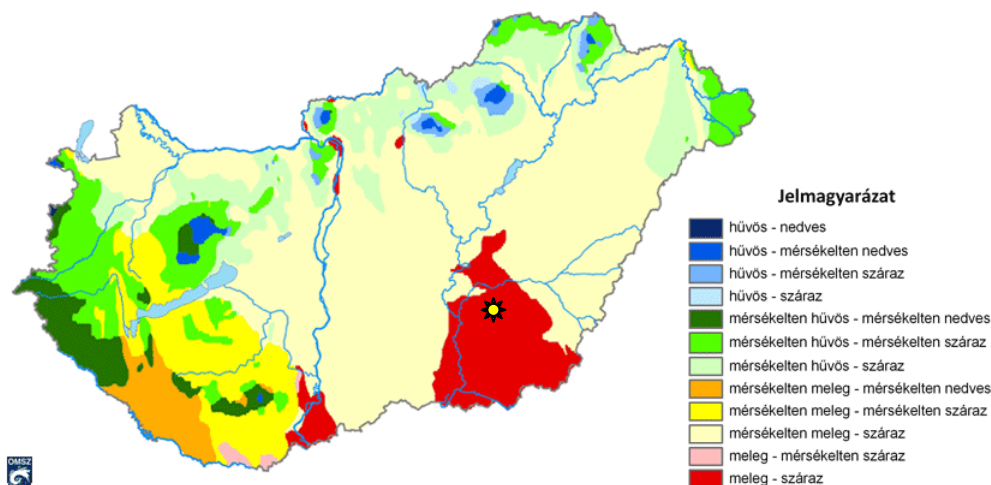
3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Dolgozatom Szarvas város településklimájának felmérésére irányul. Ahhoz, hogy teljes képet kapjunk erről a témáról, fontos megismernünk a város településföldrajzát, éghajlati jellemzőit. Ezen területek áttekintése után következik a városklíma feltérképezéséhez használt mérőállomás-hálózat, valamint az adatfeldolgozási módszerek részletes bemutatása.

3.1. Szarvas város bemutatása éghajlati szempontból

A Dél-alföldi régióban, a Hármas-Körös holtágának partján fekszik Szarvas városa (É.sz. 46°55', K.h. 20°32', 85 mBf). A település teljes területe - külterülettel együtt 162 km², lakóinak száma 2010-ben 17 181 fő. A településre sík fekvés jellemző, a szintkülönbség mindössze 1-2 m értékű. Ez alapján domborzati hatással nem kell számolni. A hősziget kialakulása szempontjából is a síksági tájtípus a leginkább kedvező, illetve alkalmas általános törvényszerűségek levonására. A település utcaszerkezete szabályos, azaz egyenes, sakktáblaszerűen elhelyezkedő utcaszerkezet jellemzi. A belvárosban zárt udvarú házak vannak többségben, illetve maximum négyemeletes lakótelepek kapnak helyet. A város külsőbb részein közepes teleknagyságú kertes családi házak találhatók. Alföldön számos hasonló méretű és struktúrájú település található, így az eredmények túlmutatnak egyetlen város vonatkozásán.

Szarvas város Magyarország legszárazabb, és – különösen a nyári félévben – legmelegebb térségében fekszik, az Országos Meteorológiai Szolgálat hazánkra elkészített klímafelosztása szerint a meleg-száraz klímataartományban található (9. ábra).



9. ábra. Magyarország éghajlati körzetei, csillaggal jelölve Szarvas (Forrás: met.hu)

A Szarvas külterületén működő éghajlati állomás adatai alapján jól jellemezhető a térség

éghajlata. Az éves csapadékösszeg 520 mm, ami egyenlőtlen eloszlásban hullik le. A tenyészidőszakban átlagosan 300, míg a tenyészidőszakon kívül csupán 220 mm a csapadék átlagos értéke. A legcsapadékosabb hónap a június (60 mm), a legszárazabb a tél végi – kora tavaszi időszak (február: 28 mm). Gyakran előfordul a tenyészidőszakban káros vízbőség, de vízhiány is.

Az évi középhőmérséklet sokévi átlaga 10,5°C, a leghidegebb hónap a január -1,7°C-os, a legmelegebb a július 21,3°C-os középhőmérséklettel.

A napsütéses órák száma évente átlagosan 2050 óra. Legtöbb napsütés júniusban van, ekkor mintegy hatszor napsütéses órában részesülünk, mint a napfényben legszegényebb december hónapban.

3.2. Városklíma mérőhálózat

3.2.1. Állomáshálózat

A településklíma felmérése érdekében 10 mérőhelyből álló állomáshálózatot hoztunk létre. Célunk az volt, hogy Szarvas városklímáját hitelesen reprezentáló mérőpontokon történjen a hőmérséklet mérése. A hőmérők nagyrészt családi házak kertjeiben kaptak helyet. Fontos megjegyezni, hogy a kerten belül azon helyre telepítettük a hőmérőt, mely viszonylag mentes a mikroklimát jelentősen befolyásoló tényezőktől, pl. nem nagy fa alá, nem közvetlenül házfal mellé, hiszen a méréseink nem a kerten belüli mikroklimák kutatására irányultak, hanem a városklíma feltérképezésére, valamint arra, hogyan alakul a hőmérséklet a városon belül, illetve a külterületen. Ennek megfelelően az állomáshálózat úgy került megtervezésre, hogy mind a városközponti, peremterületi, illetve külterületi hőmérsékleti jellemzők kifejezésre jussanak. A 10. ábra az állomáshálózat térbeli struktúráját mutatja be.

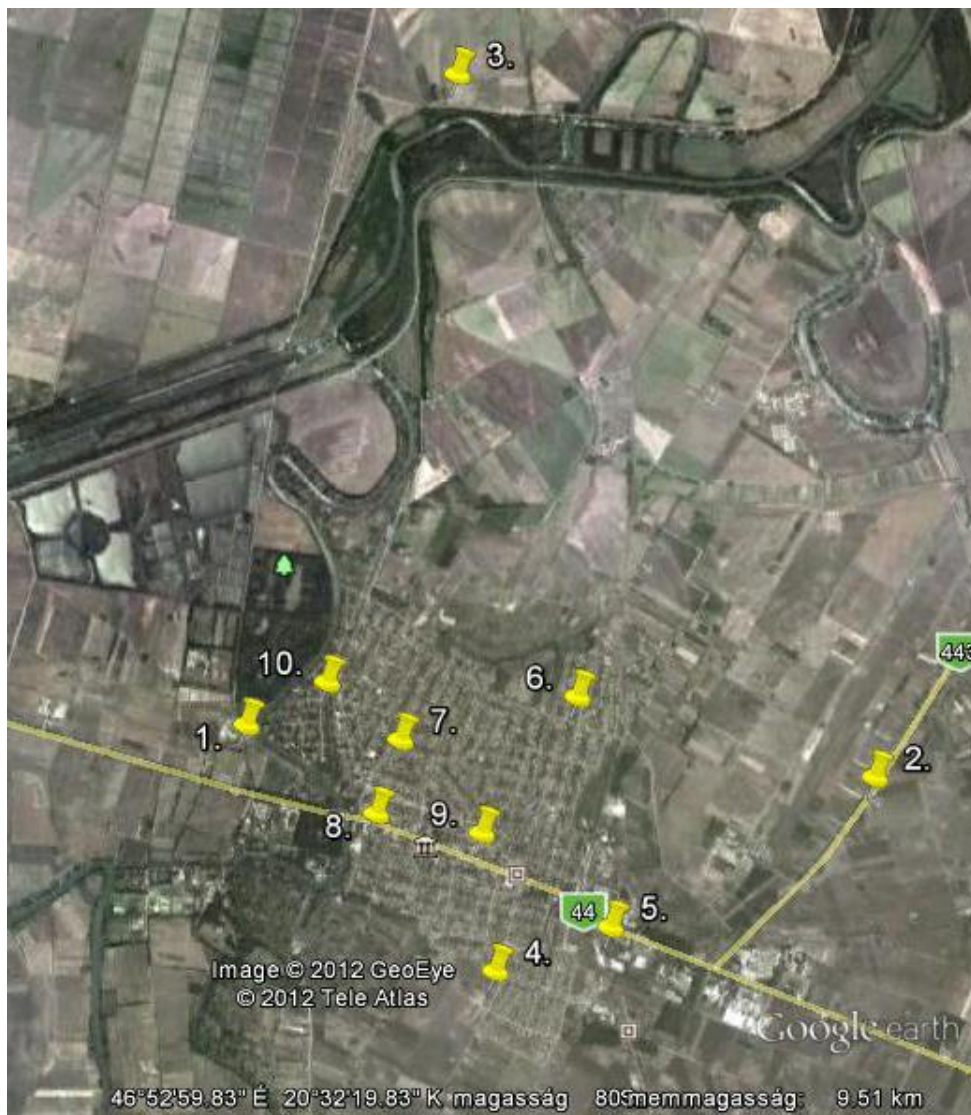
Belváros

A várost a 44. számú főút szeli ketté, környékére üzletsorok, supermarketek települtek, valamint ezen területre jellemző a maximum négy emeletes lakótelepek jelenléte.

Az 8. állomás a városközponti klímát reprezentálja. Kb. 50m távolságra található a főúttól, egy családi ház nagy kertjében. A mérőhely környékén több négy emeletes lakóépület emelkedik. Ezek közvetlen árnyékolóhatást a nap nagy részében nem fejtenek ki, ezzel a hatással csak alacsony napállásnál találkozhatunk. Az épületek légáramlást befolyásoló hatása viszont jelentős.

A 9. állomás a város szívében egy üzlet tágas hátsó kertjébe lett elhelyezve, szomszédságában közel azonos magasságú épületek találhatók. A kerten belül olyan elhelyezésre törekedtünk, amelyet nem befolyásol túlzottan az évszakosan változó vegetáció, illetve a környező épületek.

Előző két állomást figyelembe véve a főút közelsége, valamint a közelben levő sűrű



10. ábra. Az állomáshálózat térbeli struktúrája

(Külterület: 1.-3., Város széle: 4.,5., Kertváros: 6., 7., Városközpont: 8., 9., Speciális: 10.)

beépítettség, nagy épületmagasság arra enged következtetni, hogy a hőmérsékletek jellemzően magasabb értéket fognak felvenni, mint az a városközponti régióra általánosan jellemző.

Külterület

A 1. számú mérőhely a város beépített részétől kb. 1 km-re nyugat-északnyugati irányban található. Ugyanitt működik az Országos Meteorológiai Szolgálat szarvasi automata állomása. Ez lehetőséget biztosított az általunk használt hőmérő, illetve árnyékoló tesztelésére is. Az udvar nyitott, környezetében sík a terep. Feltételezésünk szerint a közeli kisebb rizstelepek, valamint a holtág bizonyos időjárási helyzetekben némiképp befolyásolhatja a hőmérsékletet.

Az 2. állomás Szarvastól É-ra 5 km-re, a Hármaskörös mellett (már Mezőtúr közigazgatási területén) működött. A mérőhely sajátossága, hogy a több ha-os gyep NY, ÉNY, É, ÉK, K

irányokból teljesen nyitott, míg délies szélirányok esetén a folyó, illetve a folyóparti erdők (100-200 m-re) mikroklimatikus hatása érvényesülhet.

A 3. állomást a várostól mintegy 4 km távolságra K-re egy tanya udvarába telepítettük. Az udvar itt is nyitott, bár a közeli tanyasor, illetve a szomszédos gazdasági- és lakóépület miatt, a nyitottság egyik irányból sem teljes mértékű.

Város pereme

A 4. és 5. számú állomások sajátos elhelyezésűek, mivel közvetlenül a város szélére kerültek családi házak kertjeibe. Ezek az állomások a széliránytól függően sorolhatók vagy kertvárosi vagy külterületi mérőhelyeknek. A 4. állomás a Ny-ias, az 5. állomás a K-ies légmozgások esetén nem kerülnek a városi hőszennyezés hatása alá, és mutatnak külterületi jellemzőket.

Kertváros

A 6. mérőállomás a város É-i részén kertvárosi jellegű környezetben áll. Az elhelyezést biztosító udvar és a szomszédos telek is füves, csak néhány fa található.

A 7. állomás a város belső részén családi házas övezetben található. Az előző mérőhelyhez képest kisebb eltérés, hogy itt több gyümölcsfa is található az udvarban, illetve a kapcsolódó szomszédos kertekben. Ugyanakkor itt is sikerült biztosítani (egy szomszédos üres, füves udvar révén), hogy a hőmérő ne a fák közvetlen közelébe kerüljön.

Speciális mikroklima vizsgálata céljából telepítettük a 10. mérőállomást. Ez esetben a mérőhely mikrokörnyezete jelentősen eltér a többi állomásétól. A hőmérő NY-i oldalról a délutáni órákban árnyékolt, K felől egy kb. 2 m magasságú töltés akadályozza a légmozgást. A mérőhely a környezetéhez képest alacsonyabban fekszik. Emiatt várható volt, hogy a napi minimumok és a maximumok alacsonyabbak, mint a speciális makroklimatikus hatások nélkül lenne.

3.2.2. Hőmérséklet-mérés

A városklíma kutatás eredményességéhez pontos hőmérsékletmérés szükséges. A mobil hőmérsékletmérés esetén csak egyetlen pontos mérőműszerre van szükség, a mérés ugyanazon hőmérővel történik. A hőmérő árnyékolása is kisebb jelentőségű, mivel az árnyékoló a mozgás miatt folyamatosan, intenzíven szellőzik.

Az általunk alkalmazott, állomáshálózaton alapuló mérések esetén kiemelten fontos a hőmérsékletmérők pontossága, egymáshoz való korrigálása, valamint a megfelelő árnyékolás is (ez utóbbi a köztudattól eltérően éjszaka is fontos a hosszúhullámú kisugárzás miatt).

A mérések egységesen HOBO UA-002 hőmérsékleti adatgyűjtőkkel (11. ábra), 10 perces mérési intervallummal folytak 8 teljes hónapon keresztül 2012. február 1. és 2012. szeptember 30.

között. A loggerek a hőmérsékletmérés szabványos 2 m-es magasságában, korábbi mikroklíma mérésekhez kialakított, tesztelt árnyékolóban (11. ábra) helyeztük el. Az adatok számítógépes letöltését havonta elvégeztük, mivel a kisebb kapacitású logger-változat tárolókapacitása csupán 43 nap 10 percenkénti adatgyűjtés esetén. Egyébként az adatbiztonság, illetve a feldolgozás folyamatossága miatt is célszerű volt az adatok rendszeres letöltése.



11. ábra. HOBO UA-002 hőmérsékleti adatgyűjtő és a mérések során használt árnyékoló

A pontos eredményközlés érdekében sor került a „nyers” mérési eredmények korrigálására is. Erre azért volt szükség, hogy felszínre kerüljenek az adatgyűjtők azonos körülmények esetén mért eredményei közti különbségek. A hőmérők korrekciós értékeit borult, szeles napokon, hagyományos hőmérőházban történő párhuzamos mérésekkel határoztuk meg (kb. fél nap, három alkalommal). Az egyes hőmérők egymáshoz képesti eltérései jellemzően 0-0,2°C között alakultak, csupán egyetlen adatgyűjtő esetén kellett 0,3°C-os korrekciót alkalmazni.

A korrigált adatok lehetőséget biztosítottak arra, hogy igen kis hőmérsékleti eltéréseket is megbízhatóan kimérhessünk.

Az alkalmazott árnyékolók a korábbi tesztek alapján megbízhatónak bizonyultak. Ettől függetlenül a teljes időszakban méréseket folytattunk az OMSZ hivatalos mérőautomata közvetlen közelében, a mérőeszközünk (hőmérő+árnyékoló) megbízhatóságának, pontosságának alátámasztására.

A május havi mérési eredmények alapján a következőket állapítottuk meg:

- az éjszakai átlaghőmérsékletek eltérése mindössze 0,02°C;
- az éjszakai minimumhőmérsékletek esetén a saját mérések átlagosan 0,07°C-kal mutatnak magasabb értéket, mint az OMSZ állomás;

- a nappali órák átlagában az OMSZ állomása $0,05^{\circ}\text{C}$ -kal magasabb értékeket mér;
- a napi maximumhőmérsékletek átlagos eltérése $0,25^{\circ}\text{C}$, az OMSZ állomás mér melegebbet.

Ezek szerint a hőmérőnk igen jól kalibrált (ezt mutatja az éjjeli átlag csaknem teljes egyezése). A szélsőségek eltéréséhez hozzájárulhat a hőmérők kissé eltérő reagálási sebessége. A nappali hőmérsékletek azt bizonyítják, hogy az árnyékolónk tökéletesen betölti funkcióját.

3.2.3. A mérési módszer értékelése

A városklíma termikus komponenseinek feltárására különböző módszerek állnak rendelkezésre, melyek a következők: mobil hőmérsékletmérések, műholdas mérések, valamint meteorológiai állomáshálózat kialakítása. A következőkben az említett módszerek előnyei, hátrányai illetve problémái nyernek megvilágítást, külön figyelmet fordítva az általunk alkalmazott fix állomások témakörére.

A városklíma kutatások általában **mobil hőmérsékletméréseken** alapulnak. A mérések előre megtervezett útvonalon történnek, egy gépkocsira szerelt, sugárzásvédelemmel ellátott hőmérővel, amely egy digitális adatgyűjtő berendezéshez kapcsolódik. A szenzort egy rúdra rögzítik, amellyel megoldható, hogy az ajánlott 1,5-2 m mérési magasságban, a gépkocsi előtt (az autó okozta hőszennyezést kiküszöbölve) történjenek a mérések. Mivel az egyes pontokban a mérések nem egy időpontban történnek, minden mért adatot utólag azonos időpontra kell korrigálni. A mérés technika lehetővé teszi a jó térbeli felbontást, akár az útvonal több száz pontjára is meghatározható a hőmérséklet. A vizsgálatokat expedíciós jelleggel végzik, jellemzően olyan időpontokat kijelölve, amikor az időjárási helyzet kedvező a városi hősziget kialakulása szempontjából.

Újabban egyre gyakrabban alkalmazzák a **meteorológiai műholdakat** a városklíma kutatásban, gyakran a mobil mérések kiegészítéseként. A műholdalapú távérzékelés segítségével a felszínhőmérséklet határozható meg, mintegy 1°C pontossággal. A távérzékelésen alapuló vizsgálatok egyik korlátja, hogy a felszínhőmérséklet és a léghőmérséklet között nincs egyértelmű kapcsolat. A mérések térbeli felbontása a Föld körül kb. 850 km magasságban keringő kvázipoláris műholdak esetén a célnak megfelelő, de csak napi néhány mérés történik. Az adatok felhasználhatósága a felhőzet függvénye, hiszen csak felhőmentes, derült időjárási helyzetben tud mérni, ami csökkenti a rendelkezésre álló adatok számát. A nagy magasságban lévő (36 000 km) geostacionárius műholdak ugyan lehetővé tennék a folyamatos mérést, viszont a térbeli felbontásuk gyenge.

Az általunk is alkalmazott, hőmérsékletmérő **állomáshálózaton** alapuló városklíma kutatás jelenleg kevésbé elterjedt, de nemzetközi, illetve korábbi hazai példák bizonyítják a módszer létjogosultságát. A klíma mezőgazdasági (kert) vonatkozású megközelítése esetén a következők

szerint ítéljük meg a mérőhálózatos, illetve a mobil mérések előnyeit és hátrányait:

Előnyök:

- folyamatos mérések, minden előforduló időjárási helyzetben
- a nap 24 órájáról kapunk információt
- alkalmas a minimumhőmérsékletek összehasonlítására
- a mérések nem az utak felett, hanem a „kertekben” történnek

Hátrányok:

- kevesebb mérési pont
- kevésbé alkalmas a hősziget térbeli szerkezetének vizsgálatára
- alkalmas mérési helyek (biztonság, reprezentatív elhelyezés) felkutatása sok munkát igényel

Az elsődleges célunk a városok belső területeinek és a külterület hőmérsékleti viszonyainak összehasonlítása volt, így egyértelműen az állomáshálózaton alapuló kutatás volt célszerű.

3.3. A feldolgozás módszere

Az adatgyűjtési folyamat 2012 februárjától szeptember végéig tartott. Ez lehetővé tette, hogy minden évszak hőmérsékleti értékeit megvizsgáljuk. A vizsgált hónapban be kellett járni az állomáshálózatot, az adatgyűjtők cseréje végett. Az adatok számítógépre történő letöltése és Excel formátumba történő konvertálása a HOBOWare Pro program segítségével történt. A táblázatkezelőben kialakítottuk a 10 állomás 10 percenkénti korrigált adataiból a teljes időszakot felölelő adatbázist. Az adatbázis összesen 349.920 hőmérsékleti értéket tartalmaz (10 állomás, napi 144 mérés, 243 nap), ami egyrészt előny, mivel pontos képet kapunk a hőmérsékleti viszonyokról, másrészt még a táblázatkezelővel is munkaigényes a feldolgozási folyamat.

A következőkben sor kerül a vizsgálati módszerek rövid bemutatására. A vizsgálatok tényleges elvégzéséről és az eredményekről a 4. fejezetben lesz szó.

Havi középhőmérséklet

A havi középhőmérséklet meghatározásához szükség volt a napok átlaghőmérsékletére, melyet a 0-24 óráig terjedő intervallum alapján számítottunk. A napi középhőmérsékletek átlagolásával, pedig eljutottunk a hónapra vetített középhőmérséklethez. Ezt a műveletet mind a 10 állomás esetében elvégeztük.

Havi minimumhőmérséklet

A havi minimumhőmérsékletet a napi minimumok átlagából származtattuk. A napi minimumhőmérsékletet 17-9 óra közötti legalacsonyabb hőmérséklet jelentette. Ezzel a módszerrel

kizártuk azt a lehetőséget, hogy egy nappal érkező hidegfront hatására hirtelen lehűlt levegő hőmérséklete jelentse a minimumot, az általában éjszaka kialakuló természetes lehűlés helyett. A minimumhőmérsékletet mérhetnénk a 0-24 órás időszakban, ennek ellenére nem ezt választottuk, mert így olyan eset is bekövetkezhetne, hogy egy éjszakáról két minimumhőmérséklet is adódik. Az így képzett napi minimumhőmérsékletek átlagából kaptuk eredményül a havi értékeket. Hasonlóképpen jártunk el minden mérőállomás esetében.

Havi maximumhőmérséklet

A havi maximumhőmérséklet a napi maximumhőmérsékletek átlagát jelenti. Téli időszakítás szerint 7-19, nyári időszakítás szerint 8-20 óra közötti legmagasabb hőmérsékleti értéket tekintettük a napi maximumhőmérsékletnek (az OMSZ nappali maximumhőmérséklete is erre az időszakra vonatkozik). A mutatót mind a tíz mérőállomás adataival kiszámítottuk a vizsgálat hónapokban.

Előbbi három hőmérsékleti mutató segítségünkre lesz abban, hogy áttekintő vizsgálatokat végezzünk az állomások hőmérsékleti adataival. Fontosságukat többek között az is indokolja, hogy a különböző térségekre jellemző éghajlati adatokban is ezek szerepelnek.

Hősziget intenzitást kifejező mutatók

A települési hősziget pontosabb megismerése érdekében két hősziget intenzitási mutatót hoztunk létre, ami azon az általános megállapításon alapul, hogy a hősziget intenzitását a település legmelegebb és leghűvösebb pontja közötti hőmérsékleti eltérés jelenti.

UHI(min-A) elnevezésű mutatót a következőképpen számolhatjuk ki:

$$UHI(min-A) = bel2 - kül3^*$$

ahol *bel2* a két városközponti állomás (8. és 9.) napi minimumhőmérsékleteinek átlaga, *kül3** pedig a mérőhálózat három legalacsonyabb minimumhőmérsékleti értékű, külterületi- városszéli mérőállomásának (1.,2.,3.,4.,5. állomás közül) átlaga.

Láthatjuk, hogy ez a mutató az átlagos különbségekről tájékoztat, mert nem szerepelnek benne a maximális hőmérsékleti értékek, pl. kizárólag a legmelegebb vagy leghűvösebb állomásokon mért hőmérsékletek. Azáltal pedig, hogy a periférikus állomások közül mindig a három leghűvösebbet vettük számításba, kiszűrtük, hogy a városi hősziget melegítő hatása érvényesüljön, úgymond rácsúszva a peremterületi térségekre.

Az általunk képzett másik mutatót UHI(min-B) jelöléssel láttuk el, értékét ilyen módon számolhatjuk:

$$UHI(\text{min-B}) = \text{város}_{\text{max}} - \text{kül3}^*$$

ahol, $\text{város}_{\text{max}}$ a négy belterületi állomás (6., 7., 8., 9. állomás) a legmagasabb hőmérsékleti értékét, kül3^* pedig az első, második és harmadik leghűvösebb külterületi és városszéli mérőállomás (1., 2., 3., 4., 5. mérőállomás közül) átlagos hőmérsékletének különbsége.

A mutató egyfajta maximális hősziget intenzitást ad eredményül, mivel a városi maximum és városszéli-külterületi minimumhőmérsékleteket veti össze, ez alapján az UHI(min-B) mutató értéke nagyobb hőmérsékleti különbségeket adhat az UHI(min-A)-nál.

UHI(B) mutatót is hasonló elv szerint számíthatjuk, mint UHI(min-B) mutatót, csak ebben az esetben nem a minimumhőmérsékletekre vetítjük, hanem a tényleges hőmérsékleti adatokra.

UHI(min-A) és UHI(min-B) mutatót felhasználtuk az összes mérőnapon, valamint kizárólag a derült napokon kialakuló hősziget intenzitási értékek gyakoriságának meghatározásában. A derült napok, illetve éjszakák elkülönítése műholdképek (www.sat24.com), valamint saját megfigyelés alapján történt.

A hősziget intenzitás éjszakai menetének vizsgálatához derült napokat gyűjtöttünk össze, amikor zavaró körülmény nem akadályozta a hősziget kifejlődését. Viszonylag több ilyen nap volt nyár elején. Ebben az időszakban napkelte valamivel 5 óra előtt, napnyugta 20:30 körül volt. Ezen időpontok változása nem volt jelentős, emiatt lehetőség volt az eredmények átlagolására.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Átlagos hőmérsékleti viszonyok havi bontásban

Először az egyes mérőállomások átlagos hőmérsékleti viszonyait hasonlítottuk össze. Havi bontásban vizsgáltuk a közép-, minimum- és maximumhőmérsékleteket az összes mérési nap átlagában. Ez áttekintő képet nyújt a városban és környékén uralkodó hőmérsékleti viszonyokról. A hőmérsékleti értékek áttekintő elemzésére ad lehetőséget, mivel a vizsgálatban az összes mérési nap eredményei szerepelnek, időjárási helyzettől függetlenül. Így nem várhatunk túl nagy eltéréseket az egyes mérőállomások hőmérsékleti adataiban.

4.1.1. Havi középhőmérséklet

Februári átlaghőmérsékleti adatokból kitűnik, hogy a 8. állomás volt a legenyhébb, amely a belvárosban található, szomszédságában négyemeletes tömbházakkal. Hasonlóan „magas” a középhőmérséklet a másik, zárt udvarban elhelyezett belterületi állomáson. Legalacsonyabb hőmérsékleteket, pedig a 2. és 3. állomásokon mérhettünk, melyek Szarvas külterületén találhatók. A február havi eredmények szerint 0,9°C a mérőhelyek közti maximális különbség (3. táblázat).

3. táblázat. Havi középhőmérsékletek alakulása (2012. II-IX).

Középhőmérséklet	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Február	-5,0	-5,3	-5,2	-5,0	-4,9	-4,7	-4,6	-4,4	-4,5	-4,9
Március	7,7	7,5	7,4	7,6	7,6	7,7	7,7	8,2	7,9	7,1
Április	12,7	12,4	12,8	12,5	12,6	12,7	12,6	12,9	12,8	12,4
Május	17,1	17,2	17,1	17,1	17,3	17,3	17,1	17,8	17,6	16,7
Június	22,2	22,2	22,2	22,3	22,3	22,6	22,5	22,6	22,6	21,7
Július	24,5	24,6	24,6	24,8	24,9	24,8	24,9	25,0	25,1	23,9
Augusztus	23,7	24,0	23,9	24,0	24,1	24,0	23,9	24,3	24,2	22,7
Szeptember	19,6	19,7	19,6	19,7	19,2	-	19,5	19,9	19,8	18,5

Márciustól észrevehetjük, hogy a 10., speciális mikroklímával rendelkező állomás csaknem minden hónapban lényegesen hűvösebb a többinél. Júliusban még a külterületi állomásoknál is legalább 1°C-kal hűvösebb. Az alacsony középhőmérsékletet az indokolja, hogy ez a kert lényegében egész délután árnyékos, illetve mély fekvésű. Az árnyékhata miatt a délutáni, a mély fekvés miatt az éjszakai értékek alacsonyabbak. Mivel ezek a mérési körülmények lényegesen eltérnek a többi állomásétól, ezért a városhatás kimutatását megcélzó további értékelésekből, összehasonlításokból kizártuk.

A speciális mikroklímájú mérőállomást nem számítva, márciusban a városközponti állomásokon 7,9-8,2°C, kertvárosiakban 7,7°C, külterületeken 7,4-7,7°C körül alakult a

középhőmérséklet. Láthatjuk, hogy az egyes állomások között maximum $0,8^{\circ}\text{C}$ eltérés volt.

Áprilisban minden mérőállomás középhőmérséklete $12,4\text{--}12,9^{\circ}\text{C}$ volt. A legnagyobb hőmérsékleti különbség $0,5^{\circ}\text{C}$, melyet a 8. városközponti és 2. külterületi állomás között mérhettünk. A viszonylag egységes hőmérsékleti értékek amiatt alakulhattak ki, hogy ebben a hónapban, viszonylag felhősebb, szelesebb időjárás volt jellemző.

Májusban a külterületi, de még a családi házas övezetben is igen egységes a hőmérsékleti kép, $17,1\text{--}17,3^{\circ}\text{C}$ közötti értékekkel. A két belvárosi állomás kiemelkedik ezek közül, itt a havi középhőmérséklet $17,6\text{--}17,8^{\circ}\text{C}$ volt.

Júniusban az állomások közötti maximális eltérés $0,5^{\circ}\text{C}$. A külterület nagyon egységes: mindhárom állomás középhőmérséklete $22,2^{\circ}\text{C}$. A két belvárosi állomáson $22,6^{\circ}\text{C}$ volt a középhőmérséklet. Érdekes, hogy a többi városi állomás adata is hasonlít a városközponti állomásokon mért értékekhez: $22,5\text{--}22,6^{\circ}\text{C}$. Júliusban is ilyen helyzet alakult ki, mert a városon belül egységesek a középhőmérsékleti eredmények, ezzel együtt a külterületi állomások hűvösebbek. A maximális eltérés szintén $0,5^{\circ}\text{C}$.

Az augusztust is kis hőmérsékleti különbségek jellemezték. A külterületi, 1. állomáson volt a legalacsonyabb a havi középhőmérséklet ($23,7^{\circ}\text{C}$), ami abból adódhat, hogy a mérőállomás környékén rizsföldek találhatók, melyek bizonyos időjárási helyzetben hűtő hatással bírtak.

Szeptemberben 19°C környékén alakult a középhőmérséklet minden állomás esetében, a legnagyobb eltérés $0,7^{\circ}\text{C}$ értékű volt.

Összességében elmondhatjuk, hogy a leghűvösebb külterületi és legenyhébb belterületi állomások havi középhőmérsékleteiben $0,5\text{--}0,9^{\circ}\text{C}$ -os eltérés volt, hónapoktól függően. Ezek az értékek bizonyítják, hogy a város egyértelműen enyhébb, melegebb a környezeténél.

4.1.2. Havi átlagos minimumhőmérséklet

A 4. táblázat a napi minimum hőmérsékletek havi átlagát reprezentálja állomásonként, melyeket a 17-9 órai intervallum alatti legalacsonyabb hőmérsékletből származtatunk. Az állomások között, a hőmérsékleti eltérések nagyobbak bizonyultak, mint az előbb vizsgált havi középhőmérsékleti adatoknál. Márciusban és augusztusban $1,7^{\circ}\text{C}$ -os különbségek mutatkoztak a legmelegebb és a leghidegebb állomások között. Február, május, június és július és szeptember hónapoknál ez az érték $1,1\text{--}1,4^{\circ}\text{C}$ között változott. A 10. speciális mikroklimájú állomás hőmérsékleti értékeit ebben a vizsgálatban sem használtuk fel a területi eltérések megállapításához. A mélyebb fekvés miatt $0,5\text{--}1^{\circ}\text{C}$ -kal alacsonyabbak a havi átlagos minimumok, mint a legközelebbi kertvárosi állomáson.

Februárban és márciusban, vagyis a vegetáció beindulása előtt a külterületi állomások bizonyulnak a leghűvösebbnek. A kertvárosi állomások enyhébbek a külterületi mérőhelyeknél. A

vegetációs időszakban (áprilistól), a kertvárosi állomásokon (6. és 7.) hasonló vagy alacsonyabb a minimumhőmérséklet, mint a külterületi mérőpontokon. A jelenséget azzal magyarázhatjuk, hogy

4. táblázat. A havi minimumhőmérsékletek alakulása mérőállomásonként

Minimum hőmérséklet	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Február	-9,0	-9,4	-9,3	-9,2	-8,9	-8,4	-8,3	-8,1	-8,0	-8,9
Március	0,9	0,8	0,6	0,8	1,2	1,2	1,3	2,2	1,9	0,3
Április	6,8	6,2	6,8	6,3	6,4	6,6	6,4	7,1	6,8	6,3
Május	11,3	10,8	10,9	10,7	11,2	11,0	10,8	12,2	11,7	10,7
Június	15,5	15,2	15,5	15,0	15,4	15,8	15,7	16,3	16,1	15,0
Július	17,9	17,7	17,7	17,8	18,0	17,9	17,9	18,8	18,5	17,3
Augusztus	15,7	15,6	15,5	15,5	15,9	15,4	15,4	17,1	16,5	14,7
Szeptember	13,6	13,5	13,8	13,4	13,4	-	13,2	14,3	14,1	12,7

a fák kilombosodnak ebben az időszakban, megváltozik a környezet: nagyobb kisugárzó felület jön létre, csökken a szélesebbség, ami alacsonyabb hőmérsékletet eredményez. A vizsgált hónapokban a 8. és 9. városközponti állomásokon alakult ki a legmagasabb minimumhőmérséklet. A mérési időszakban tapasztalt legnagyobb különbség: augusztusban, a 8.(belvárosi) és 6. (kertvárosi) állomás között jött létre (1,67°C). A havi átlagos adatok közötti nagy eltérés arra utal, hogy az egyes kedvező időjárási helyzetű időszakokban ennél jóval nagyobb hőmérsékleti eltérések jelentkeznek majd.

4.1.3. Napi maximumhőmérsékletek havi átlaga

A napi maximum hőmérsékletek havi átlagát a 5. táblázat mutatja be. A maximum hőmérsékletet a 6-18 óráig terjedő intervallum legmagasabb hőmérsékleti értéke jelentette. Azt vehetjük észre, hogy nincs olyan nagy hőmérsékleti különbség az állomásokon mért értékek között, mint az előbbieken vizsgált minimumoknál, pl. a legnagyobb eltérés júniusban alakult ki, értéke 1°C (a délután árnyékos 10. állomás kihagyásával). A többi hónap esetében mindig ezen érték alatt volt a maximális eltérés.

5. táblázat. A havi maximumhőmérsékletek alakulása állomásonként

Maximum hőmérséklet	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Február	-1,0	-1,4	-1,4	-1,2	-1,0	-0,8	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7
Március	14,6	14,4	14,1	14,5	14,3	14,7	14,6	14,5	14,6	14,4
Április	18,6	18,4	18,3	18,7	18,6	18,8	18,7	18,8	18,9	18,5
Május	23,2	23,2	23,0	23,4	23,5	23,7	23,6	23,7	23,7	23,0
Június	28,6	28,7	28,3	29,0	29,0	29,3	29,3	28,8	28,9	28,2
Július	31,3	31,3	31,5	31,7	31,6	31,8	32,0	31,5	31,8	30,8
Augusztus	31,5	31,7	31,7	31,9	31,9	32,4	32,2	31,6	32,1	30,9
Szeptember	26,6	26,5	26,5	26,6	26,6	-	26,9	26,5	27,0	25,7

A téli időszakban a kertvárosi állomások (6. és 7.) némileg hűvösebbek a belvárosiaknál (8. és 9.), viszont mintegy 0,5-0,7°C-kal enyhébbek a külterületiekénél (1., 2. és 3.). Tavasszal nem látunk jelentős különbséget a városközponti, kertvárosi és városszéli mérőhelyeken tapasztalt hőmérsékletek között. A külterületen elhelyezett állomásokon a legalacsonyabb a hőmérséklet. A legmagasabb hőmérsékleti eltérések márciusban és áprilisban 0,6°C, májusban 0,7°C. A nyári évszakban olykor a kertvárosi állomásokon magasabb maximumhőmérsékleteket mérhettünk a belvárosi mérőállomásoknál. Például a 8. (városközponti) állomáson júniusban 28,8°C volt az átlagos havi maximum hőmérséklet, ezzel egy időben mind a 6. mind a 7. (kertvárosi) állomáson 29,3°C-ot mértünk. A nyári hónapokban az átlagos maximális hőmérsékleti különbség 0,8°C volt.

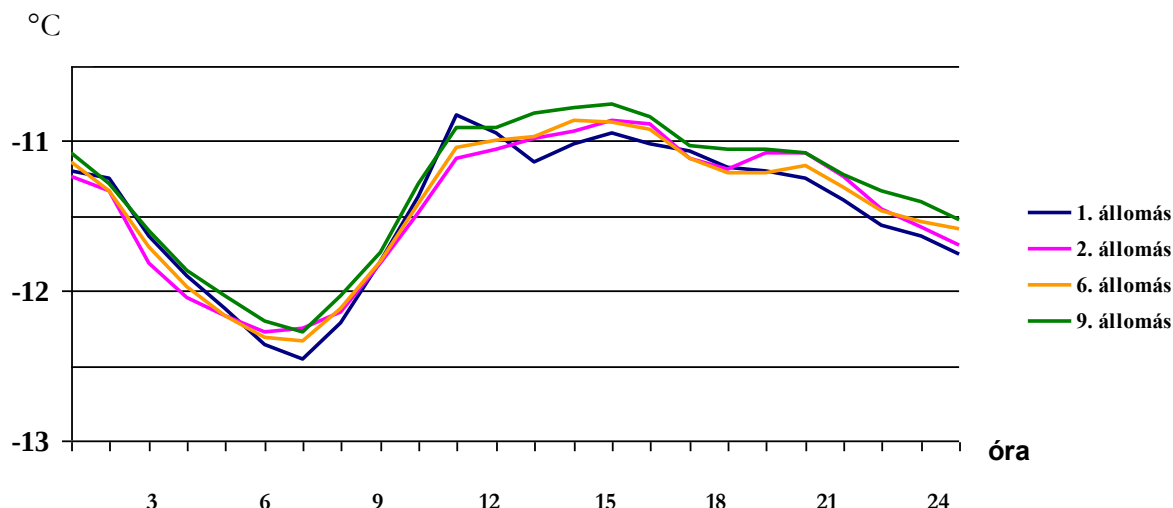
Szeptemberben viszonylag egységes hőmérsékleti kép alakult ki. A legmelegebb ismét egy városközponti állomás volt (9.). A másik városközponti állomás (8.), pedig melegebbnek bizonyult a 7. (kertvárosi) állomásnál.

4.2. A hősziget kifejlődését gátló időjárási viszonyok

Az irodalmi áttekintéssel foglalkozó fejezetben szó volt a hősziget kifejlődét gátló tényezőkről. Ebben a fejezetben saját mérések alapján bemutatom, hogyan változnak, alakulnak a hőmérséklet eltérései Szarvason, a hősziget kifejlődésére kedvezőtlenül ható időjárási helyzetekben.

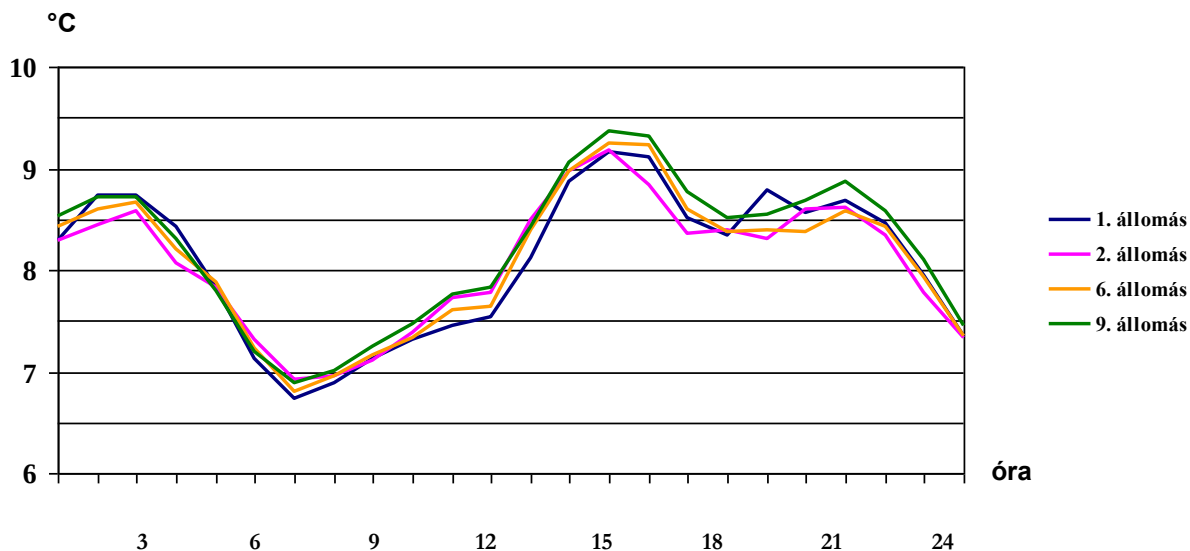
Először is fontos leszögezni, hogy borult időjárás, illetve erős szél esetén igen kis hőmérsékleti eltéréseket várunk az egyes mérőállomások által észlelt adatok között.

Borult, felhős helyzetben gyenge a ki- és besugárzás, a felhőréteg sugárzáselnyelő és visszaverő hatása miatt, ezért nem tudnak kialakulni számottevő különbségek. A 12. ábra példaként egy ilyen időjárási helyzet hőmérsékleti menetét mutatja be. Egy téli nap (2012. 02. 04) hőmérsékleti görbáját látjuk, négy különböző mérőállomáson (1.,2.,6.,9.) rögzített adatok alapján. Egész napos hóesés, hófúvás volt, valamint intenzív hidegbeáramlás, erős északias szél jellemezte a térség időjárását, a hőmérséklet egész nap folyamán -10°C alatt maradt. A görbék szorosan együtt haladnak, vagyis a hőmérsékletek között csekély különbség tapasztalható. Az átlagos napi hőmérsékleti eltérés 0,2°C, a legnagyobb eltérés a nap folyamán 0,3°C volt. Ezen kívül a nappali felmelegedés is csekély mértékű, a nappali és éjszakai órák hőmérsékleti értékei közti különbség 1,5-2°C körül alakult.



12. ábra. Egy borult téli nap hőmérsékleti menete négy különböző mérőállomáson (2012.02.04)

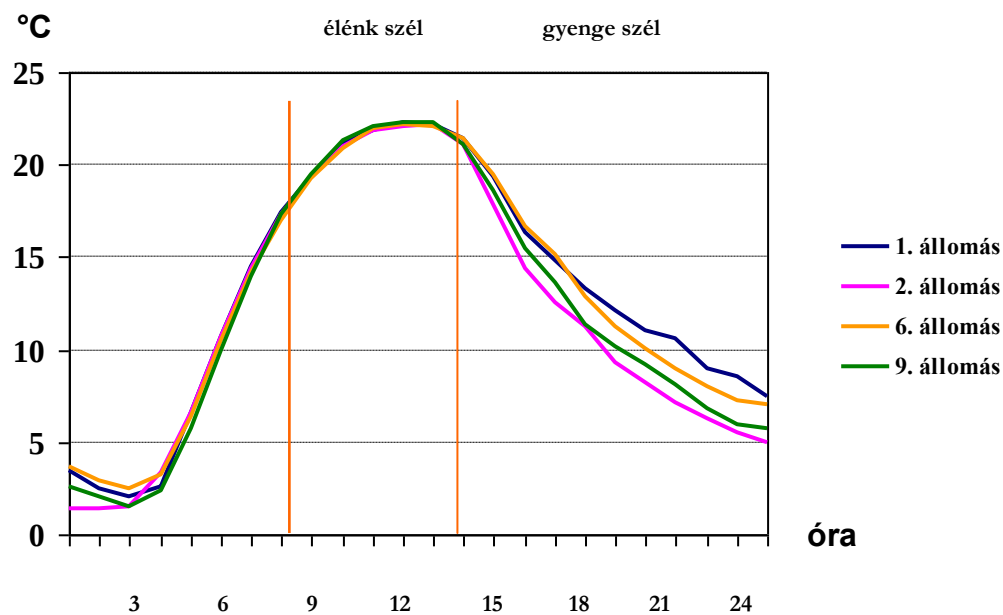
Ez a jelenség nem csupán borult és szeles napokon áll fenn, hanem szélcsendes, borult napokon is. A 13. ábra egy tavaszi napon (2012.04.17.) mért hőmérsékleti értékeket mutatja. Hasonló jellemzőket fedezünk fel, mint az előbb vizsgált téli nap esetén. A hőmérséklet változása egész nap folyamán kismértékű. Jellegzetes napi menet sem alakul ki. Az egyes állomásokon mért hőmérsékletek alig különböznek: az átlagos különbség $0,3^{\circ}\text{C}$, a legmagasabb eltérés értéke a nap folyamán $0,5^{\circ}\text{C}$.



13. ábra. Egy borult tavaszi nap hőmérsékleti menete négy különböző mérőállomáson (2012.04.17)

Következőekben megvizsgáljuk, hogyan változik a hőmérséklet derült, ugyanakkor szeles időjárás esetén. Az erős szél erőteljes keveredést okoz, ami elmosza a városban uralkodó

hőmérsékleti különbségeket. Ugyanakkor derült égbolt esetén akadálytalan a ki- és besugárzás, emiatt a hőmérséklet jellegzetes napi menete kialakulhat, vagyis nappal jelentősen felmelegszik az idő, az éjszakai órákban, pedig alacsonyabb hőmérsékleteket mérhetünk. A következő diagramon (14. ábra) egy ilyen időjárási helyzetű nap (2012. 03. 17) hőmérsékletének változását követhetjük végig. Ezen a napon erős szél a 8-14 óráig terjedő időintervallum alatt volt tapasztalható. Látható, hogy a különböző mérőállomások adatai szinte azonosak, valamint az előzőekben vizsgált borult napokkal ellentétben a napi hőingás magasabb értéket vesz fel. Az élénk szeles időszakban a vizsgált állomások közötti maximális hőmérsékleti eltérés 0,2-0,4°C között alakult.



14. ábra. Egy derült, szeles nap hőmérsékleti menete négy különböző mérőállomáson (2012. 03.17)

A vizsgálati eredmények alapján elmondhatjuk, hogy mind a borult, mind a szeles időjárási helyzet kedvezőtlenül hat a városi hősziget kifejlődésére. A városon belül azonos hőmérsékleti viszonyok uralkodnak, így a hősziget intenzitása, vagyis a város központi része, valamint a peremterületek közötti hőmérsékleti különbség nagyon alacsony értéket vesz fel.

A következő vizsgálat a napi maximum értékekkel foglalkozik, olyan időjárási helyzetekben, melyek kedvezőtlenek hősziget kialakulás szempontjából. A 6. táblázat a mérési időszak meghatározott napjait tartalmazza. Kilenc megfigyelési állomás adatai szerepelnek benne, végül láthatjuk a különbséget a legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékleti értékek között. (A sorszáмок az 3. fejezetben ismertetett és jellemzett mérőállomásokat jelentik.) Ezen kívül a választott napokat leginkább jellemző időjárási helyzet rövid bemutatását is tartalmazza.

6. táblázat. Hősziget kifejlődése szempontjából kedvezőtlen napok (maximumhőmérséklet)

Dátum	1.	2.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Különbség	Időjárás jellemzése
2012.02.03	-9,73	-9,74	-9,73	-9,72	-9,78	-9,67	-9,52	-9,72	-9,73	0,25	havazás, szeles
2012.02.15	-0,23	-0,35	-0,45	-0,44	-0,36	-0,17	-0,21	-0,33	-0,12	0,34	borult, hőszállingózás
2012.03.01	10,55	10,36	10,37	10,58	10,66	10,53	10,49	10,58	10,37	0,30	borult, gyenge szél
2012.04.17	9,40	9,28	9,49	9,42	9,38	9,29	9,67	9,59	9,38	0,39	borult, eső
2012.05.15	14,93	14,91	14,92	15,14	15,01	14,72	15,09	15,12	14,91	0,42	borult, eső

A téli mérőnapokon az állomások észlelései között igen kicsi az eltérés, még a 0,5°C-t sem éri el, a kis különbségeket annak tulajdoníthatjuk, hogy ezeken a napokon erőteljes havazás, hófúvás volt a térségünkben, tehát teljesül az előbbieken írt megfigyelés, hogy borult, szeles időjárás akadályozó tényező a hősziget kifejlődésének szempontjából. A tavasszal rögzített értékek esetén is kevés az eltérés a legmagasabb és legalacsonyabb napi maximumhőmérséklet között, 0,4°C körül alakul. Ezekre a napokra is felhős, borult, szeles, olykor csapadékos időjárás volt jellemző.

Ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük a napi minimumhőmérsékleteknél is. A következő táblázat (7. táblázat) mutatja a mérési eredményeket.

7. táblázat. Hősziget kifejlődése szempontjából kedvezőtlen napok (minimumhőmérséklet)

Dátum	1.	2.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Különbség	Időjárás jellemzése
2012.02.07	-10,14	-9,88	-10,00	-9,86	-9,91	-9,94	-9,94	-9,86	-10,14	0,29	borult, hőszállingózás
2012.03.30	6,78	6,76	6,79	6,79	6,92	6,81	6,92	6,96	6,81	0,20	erős szél, borult
2012.04.21	9,99	10,07	10,08	10,11	10,17	9,88	10,06	10,19	10,07	0,31	eső, borult
2012.05.08	10,48	10,46	10,47	10,60	10,46	10,27	10,65	10,58	10,46	0,38	borult
2012.06.13	14,80	14,97	14,81	14,82	15,12	14,75	14,84	14,68	14,83	0,44	szeles, borult
2012.07.23	15,60	15,67	15,78	15,62	15,60	15,55	15,86	15,79	15,67	0,30	erős szél, borongós

A különböző hónapokból, évszakokból választott borult, szeles, csapadékos napokon ugyanazt kaptuk eredményül, mint a maximumhőmérsékletek esetén, vagyis következtetésként levonhatjuk, hogy az előbb említett időjárási helyzetek, évszakoktól függetlenül megakadályozzák a hősziget kifejlődését. Ilyen időjárás esetén a legmagasabb különbségek sem számottevőek, a mérési helyeken viszonylag egyöntetű hőmérsékleti értékek jellemzőek.

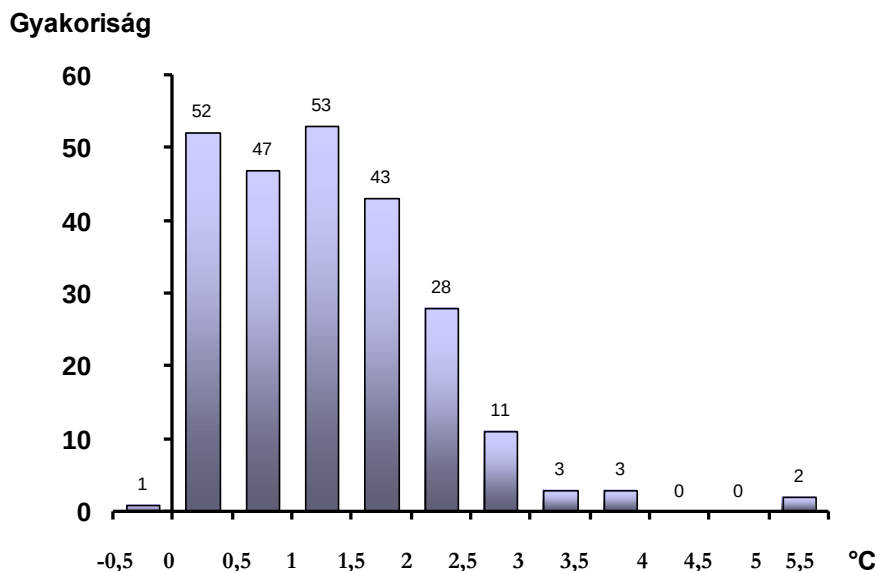
4.3. Városi hősziget az éjszakai órákban

4.3.1. Területi eltérések a napi minimum hőmérsékletben

A soron következő vizsgálatok a hősziget intenzitásával foglalkoznak. A városi hősziget intenzitása egységes meghatározás szerint, a városközponti- és környéki területek közti hőmérsékleti különbséget jelenti. Megfigyeléseink során, a Szarvason kialakuló hősziget megismerésére két különböző hősziget-intenzitási mutatót képeztünk, melyek az előbbi

meghatározáson alapulnak, viszont eltérő területi elhelyezkedésű mérőállomásokat vonnak be a számításokba.

Az UHI(min-A) mutató, a városközponti és külterületi állomások minimumhőmérsékletének különbsége a 15. ábrán bemutatott gyakorisággal (esetszámban) fordult elő a 243 mérőnapon.



15. ábra. UHI(min-A) eloszlása az összes mérőnap alapján

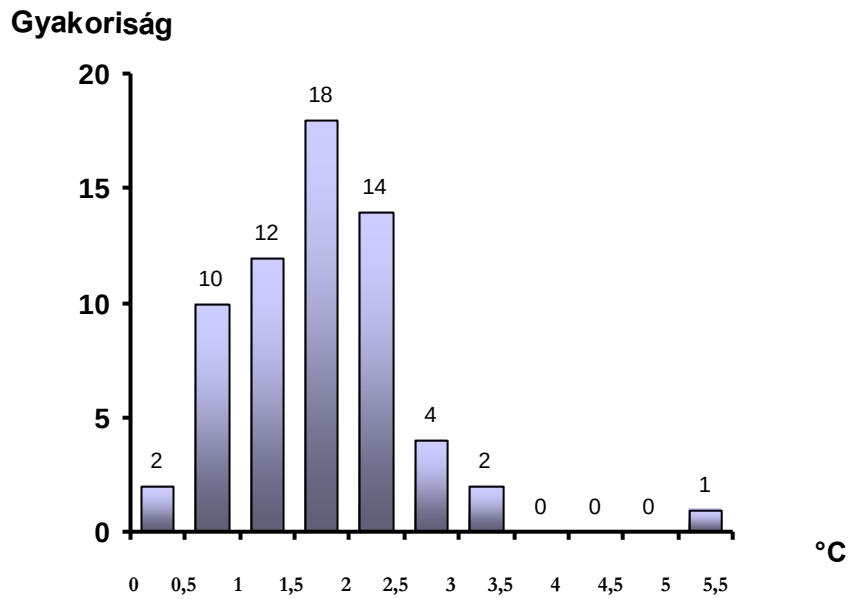
Leggyakrabban (52 és 53 alkalommal) 0,5 és 1,5°C intenzitást elérő napok fordultak elő. A diagram megmutatja, hogy különösen kedvező időjárási helyzetekben akár 3-5,5°C-os különbségek is jelentkeztek a külterületi és városközponti mérőállomások között (8 esetben, azaz, az összes mérőnap 3,3%-ában). Az összes mérőnap alapján számolt átlagos UHI(min-A) értéke 1,3°C.

UHI(min-A) mutató alapján meghatároztuk, hogyan alakul a hősziget intenzitás, kizárólag a derült napokat figyelembe véve (16. ábra).

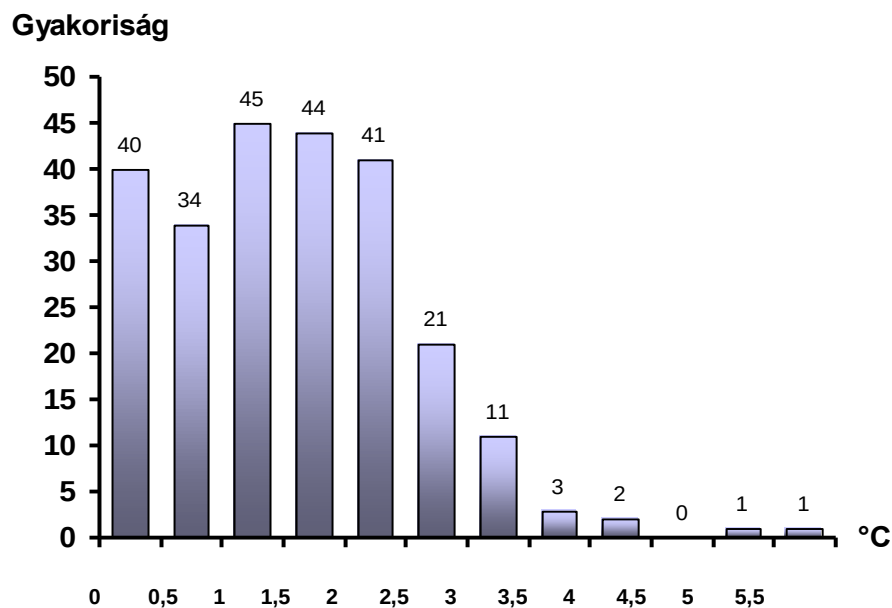
Látható, hogy derült napokon általában kialakul a hősziget jelensége. A derült napok átlagos UHI(min-A) értéke 1,7°C. Derült, de ezzel egy időben szélszélű időjáráskor magasabb hőmérsékleti eltéréseket mérhettünk. Például 1,5-2°C-os eltérés alakult ki a legtöbb derült nap esetében, 18 alkalommal, ami az összes derült nap 28,6%-át jelenti. Egy alkalommal igen jelentős hőmérsékleti különbség (5,5°C) alakult ki. Ezt a későbbiekben részletesen bemutatjuk. Ugyanakkor egyes napokon gyenge a hősziget, az esetek 19%-ában a kül- és belterület közti hőmérsékleti különbség 1°C alatti.

UHI(min-B) elnevezésű mutatót a legmelegebb városi állomás és a külterületi állomások minimumhőmérsékletének különbsége adja meg. A 243 mérési nap alapján az esetek 18,5%-ában volt 1-1,5 °C között a hősziget intenzitása (17. ábra). Közel hasonló arányban alakult ki 1,5-2°C, valamint 2-2,5°C értékű intenzitás. Arra is volt példa 18 alkalommal (7,4%-os relatív gyakoriság),

hogy ez az érték 3°C fölött alakult. Az összes mérési nap figyelembe vételével számolt átlagos UHI(min-B) 1,6°C.

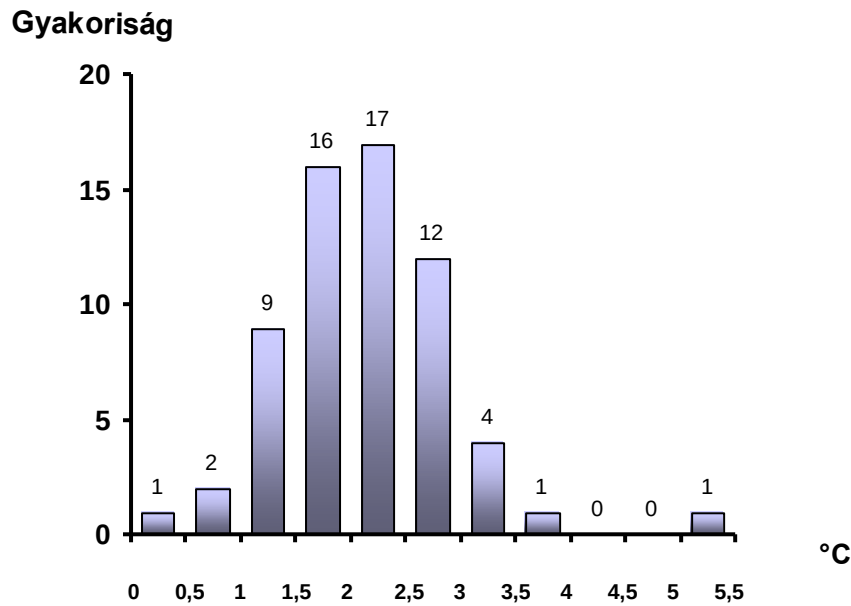


16. ábra. UHI(min-A) gyakorisági eloszlása a derült mérőnapokon



17. ábra. UHI(min-B) gyakorisági eloszlása a teljes mérési időszakban

A 63 derült éjszaka alapján a legtöbb esetben 1,5-3°C-os intenzitás alakult ki, melyeket összesítve az összes derült nap 71,4%-ában mértünk ilyen különbségeket az egyes állomások között, tehát ez a leginkább jellemző érték. Olykor előfordul magasabb érték: pl. 3°C, vagy annál magasabb intenzitás 6 alkalommal jelentkezett, ami 6%-os relatív gyakoriságot jelent a derült napok alapján (18. ábra). Az átlagos UHI(B-min) derült napokon 2,1°C volt.

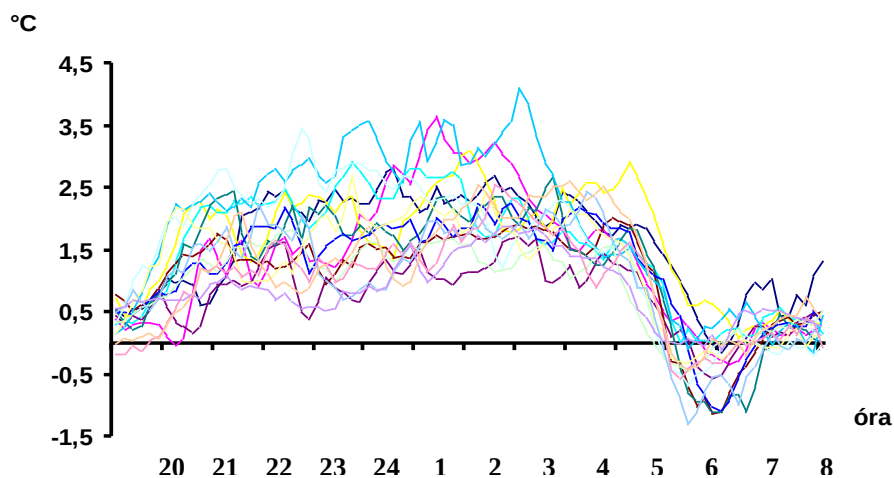


18. ábra. UHI(B-min) gyakorisági eloszlása a derült napok alapján

4. 3. 2. A hősziget intenzitás éjszakai változása

A hősziget a maximális fejlettségét az éjszakai órákban, annak is inkább az első felében éri el. A következőkben azt vizsgáltuk, hogyan változik a hősziget intenzitás, a kora estétől reggelig tartó időszakban.

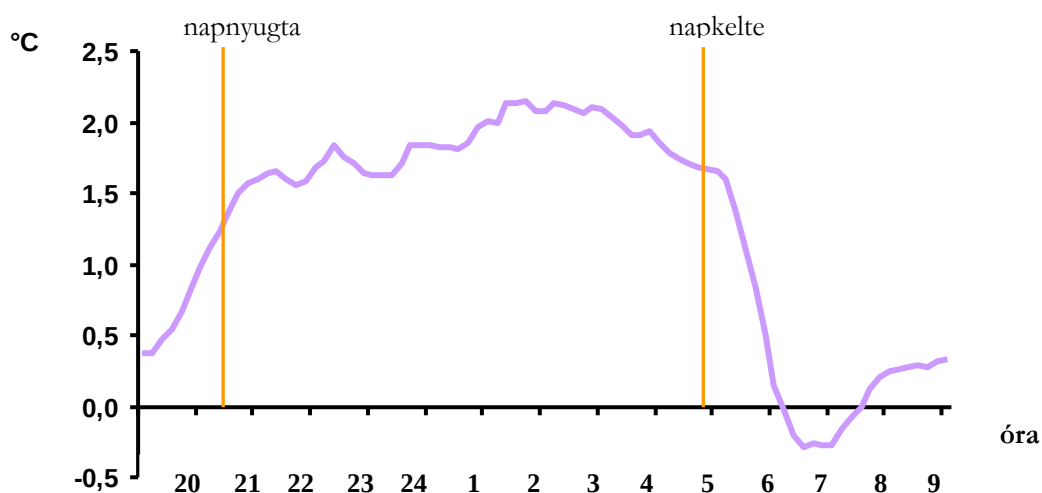
Annak érdekében, hogy reális képet nyújtsunk a hősziget éjszakai változásáról, megvizsgáltuk több, derült, gyengén szeles napot, amikor a hőmérsékleti menet viszonylag szabályos volt. A vizsgálat szempontjából több kedvező nap volt nyár első felében. A napnyugta időpontja 20 óra 30 perc körül, a napkelte valamivel 5 óra előtt volt. A hőmérséklet-különbségének alakulását a 16 kiválasztott napon, 19 és 9 óra közötti időszakban a 19. ábra mutatja be.



19. ábra. A hősziget intenzitás alakulása az éjszakai órákban

Megállapítható, hogy az egyes napokon a hősziget-intenzitási időbeli menete jelentős fluktuációt mutat. Ennek oka az, hogy az egyes állomások hőmérséklet-változása nem szabályszerű, intenzív és kevésbé intenzív lehűlési szakaszok váltakoznak, ami valószínűleg a szélsébség, illetve a szélirány helyi változásának következménye (például átmenetileg megmozdul a levegő). Bár az egyes napokat vizsgálva jelentősek az eltérések, a görbék lefutása (az időbeli menet) ezzel együtt is nagy hasonlóságot mutat.

Mivel a napkelte és a napnyugta időpontjának változása ebben az időszakban nem volt jelentős, lehetőség volt az értékek átlagolására. A 16 megfigyelési nap hősziget intenzitását átlagolva világosabb képet kapunk a hősziget intenzitás napi menetéről (20. ábra).



20. ábra. Az átlagos hősziget intenzitás alakulása az éjszakai órákban

Leolvasható, hogy napnyugta környékén, illetve már ezt megelőzően (19-21 óra) jelentősen növekszik a kül- és belterület hőmérsékleti különbsége. Ezt követően még kissé erősödik a hősziget, maximumát 1 és 2 óra között éri el, azután valamelyest csökken az eltérés. Napkeltét követően gyorsan leépül a városi hősziget. A hőmérsékleti minimumok jellemzően napkelte körül, illetve kevéssel utána alakulnak ki. Ekkor már némileg kisebbek a különbségek. A reggeli órákban (6-8 óra) teljesen eltűnik a hősziget, ekkor a város belseje átmenetileg hűvösebb, mint a külterület, mivel a város belterületén a nagymértékű beépítettség, valamint az épületek árnyékoló hatása miatt lassabb a melegedés.

4. 3. 3. Legnagyobb hőmérsékleti eltérések

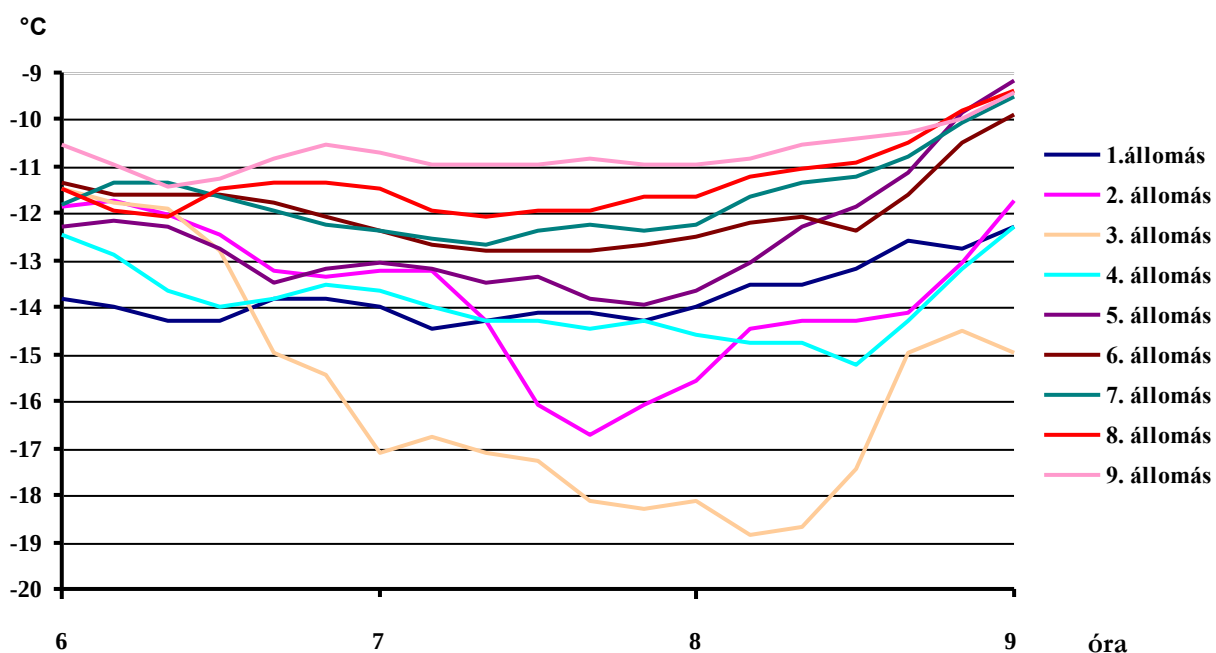
A következőkben néhány kiemelkedően magas hősziget intenzitással rendelkező nap bemutatására kerül sor, elemezve a kialakult helyzet lehetséges okait.

A 8. táblázat tartalmazza azokat a napokat, melyeket kiválasztottunk a magas hősziget intenzitási értékre való tekintettel. Az adatok különböző hónapokból, évszakokból származnak. A táblázat az egyes mérőállomásokon, a feltüntetett időpontban mért hőmérsékleteket tartalmazza, valamint az utolsó oszlopában helyet kapott a maximális intenzitás értéke, a legmagasabb és a legalacsonyabb hőmérséklet különbsége.

8. táblázat. Magas hősziget intenzitású napok

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Max. intenzitás
2012.02.14 7:40	-14,1	-16,7	-18,1	-14,4	-13,8	-12,8	-12,2	-11,9	-10,8	7,3
2012.03.21 23:40	6,5	4,4	8,7	8	6,1	7,7	6,9	8,5	11,3	6,9
2012.03.25 2:40	3,7	5,8	3,7	5,6	7,5	4,9	5,6	9,5	7,6	5,8
2012.06.27 3:00	11,6	11,2	10,2	13,1	14,5	12,9	13,7	14,7	15,5	5,3
2012.07.08 12:30	35,4	26,9	35,8	31,6	30	31,9	33,8	33,2	31,9	8,9

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a hősziget intenzitás szabálytalanul is változhat a nap folyamán. Ha például egy felhős időszak után rövid időre kiderül az ég, nagymértékben eltérhetnek egymástól a város különböző pontjain és a külterületen tapasztalt hőmérsékletek. A 21. ábra tartalmazza a 2012.02.14-én mért hőmérsékleti értékeket 6 és 9 óra között, ugyanis ebben az időszakban jelentős hőmérsékleti különbség alakult ki a mérőállomások között.



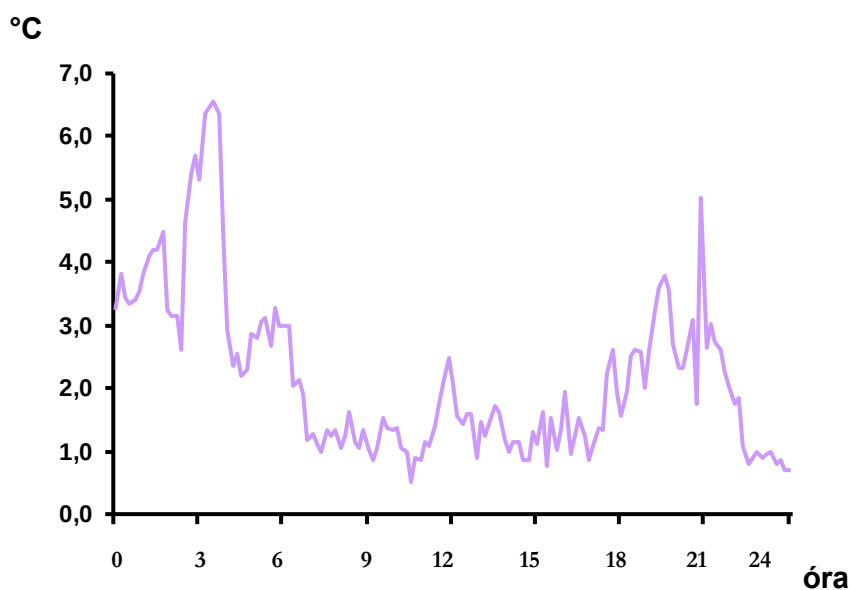
21. ábra. A hőmérséklet alakulása (2012.02.14. 6:00-9:00)

A vizsgált időszakban, térségünkben északon és nyugaton kevesebb felhő volt, így a 3. majd a 2. állomáson intenzív lehűlés kezdődött. A városon belüli részeken azonban nem csökkent

jelentősen a hőmérséklet. A legmagasabb hősziget intenzitás 8:20-kor alakult ki a 3.(külsőterületi) és a 9.(városközponti) állomás esetében. A két állomás közötti hőmérsékleti eltérés 8,2°C volt. A másik külsőterületi állomáson (2.) is jelentős hőmérsékleti különbségek adódtak a belterületi állomásokkal összehasonlítva. Ezen a mérőhelyen a legalacsonyabb hőmérséklet -16,7°C, ezzel egy időben a 9. (városközponti) állomáson -10,8°C volt, tehát a hőmérsékleti eltérés elérte az 5,9°C-ot.

Helyi záporok hatása a hőmérsékleti eltérésekre

A helyi záporok, zivatarok hatására akár 5-10°C-os hőmérsékleti különbségek is kialakulhatnak egyes városrészek között. Ezt azonban nem a városi hősziget jelensége okozza, hanem a helyi csapadék, ami a hőmérséklet csökkenésével jár együtt. A 22. ábra egy ilyen esetet mutat be. A hősziget intenzitás napi menetét követhetjük végig. A zivatar az 1.(külsőterületi) mérőállomáson éreztette a hatását először, 20:50-kor 19°C-ot mértünk, a 3. (külsőterületi, és ebben az időpontban legmelegebb) állomáson, pedig 24°C volt, tehát 5°C hőmérsékleti eltérés adódott a két állomás között. A zivatar idején a hőmérsékleti különbségek kiegyenlítődése volt megfigyelhető.



22. ábra. A hősziget intenzitás napi menete (2012.05.03)

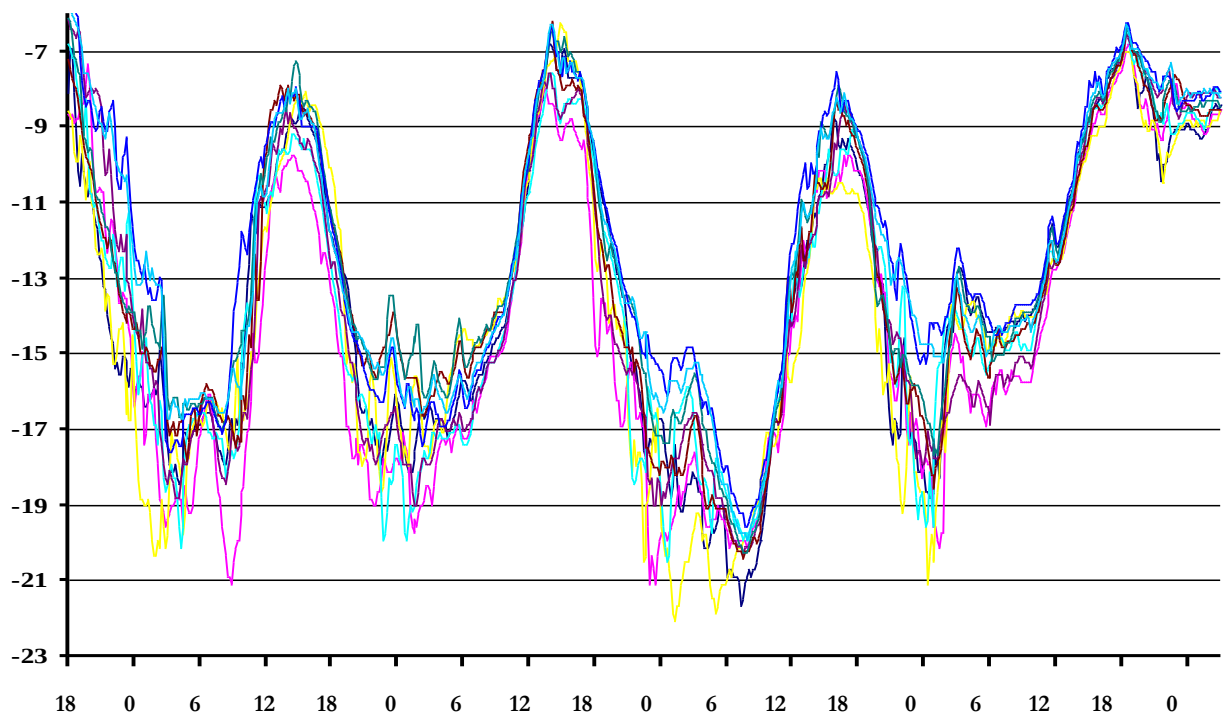
4.3.4. Fagykárak szempontjából kritikus napok esettanulmányai

Ebben az alfejezetben a gyümölcsstermesztés szempontjából veszélyes téli valamint tavaszi fagyok intenzitásáról lesz szó, illetve arról, hogyan változik a hőmérséklet az egyes mérőállomásokon a fagy szempontjából kritikus időszakokban.

A gyümölcsfák mélynyugalmi állapotukban képesek elviselni kemény fagyokat is, viszont ha a hőmérséklet tartósan -20°C körül alakul, fennáll a kifagyás veszélye. Tavasszal, a vegetáció megindulása után néhány fokos fagyok is nagy károkat okoznak. Az évek egy jelentős részében

nem süllyed a hőmérséklet -20°C , illetve áprilisban fagypont alá. Az idei évben mindkét esetre volt példa. Ezen kritikus időszakok részletes vizsgálatát végeztük el.

2012. február elején intenzív hidegbeáramlás miatt erőteljes lehűlés kezdődött, több napos hóesés volt. A hideg levegő huzamos ideig a térségünkben maradt, ezen kívül vastag hótakaró (kb. 25 cm) alakult ki. Ennek hatására 02.08-11-ig a napi minimumhőmérséklet a legtöbb állomás esetében -15°C alatt maradt. A 23. ábra tartalmazza a kiválasztott napok hőmérsékleti menetét, kilenc állomás esetében.



23. ábra. A hőmérséklet alakulása (2012.02.07-11)

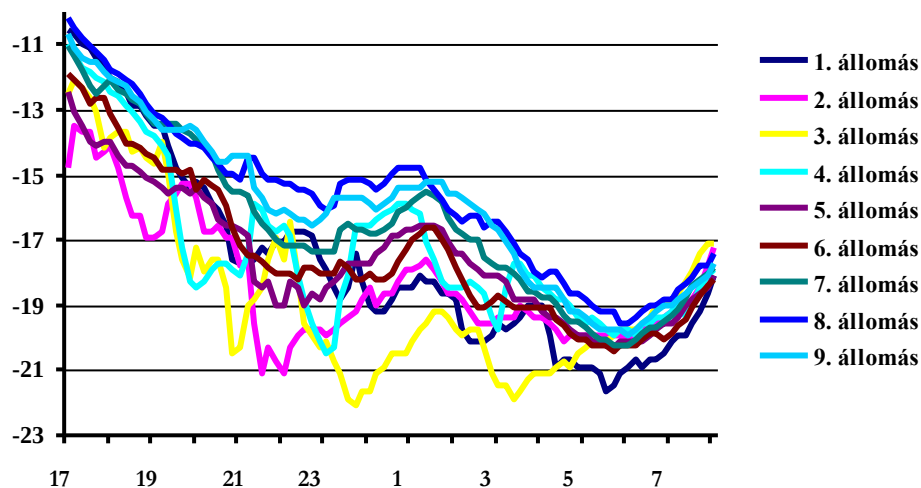
A 9. táblázat tartalmazza ezen időszak éjszakai minimumhőmérsékleteit, állomásonként. Az első vizsgálati napon, a városközponti állomásokon $-17,6^{\circ}\text{C}$ -os minimumokat mértünk. A kertvárosi állomások hőmérsékletei hasonlóak voltak ($-17,8^{\circ}\text{C}$ - -17°C). A 2. és 3. számú külterületi állomáson alakultak ki a legalacsonyabb értékek, $-20,3^{\circ}\text{C}$ és $-21,1^{\circ}\text{C}$. UHI(min-B) mutató alapján számolt hősziget intenzitás $3,8^{\circ}\text{C}$ volt. A második vizsgálati napon a városközponti és a külterületi és kertvárosi hőmérsékletek néhány tized fokot egységesen emelkedtek az előző naphoz képest, a városszéli állomásokon azonban csökkent a minimumhőmérséklet mintegy $0,2^{\circ}\text{C}$ -kal. A harmadik vizsgálati nap bizonyult a leghidegebbnek, ekkor átlagosan $2,6^{\circ}\text{C}$ -kal hűvösebb volt, mint az előző napon. Viszonylag kisebb különbségek ($2,5^{\circ}\text{C}$) alakultak ki az éjszakai beködösödés miatt. A negyedik megfigyelési napon a minimumhőmérsékletek között nagy hőmérsékleti eltéréseket

találunk, ami a derült időjárásnak tudható be. Az UHI(min-B) értéke ezen a napon 5°C, a legalacsonyabb és a legmagasabb minimumhőmérsékletű állomás közötti különbség, pedig 5,9°C volt. A kertvárosi és a városszéli állomások köztes jelleget mutatnak, ezeken az állomásokon -19,6 - -17,7°C között alakultak a minimumhőmérsékletek.

9. táblázat. Éjszakai minimumhőmérsékletek

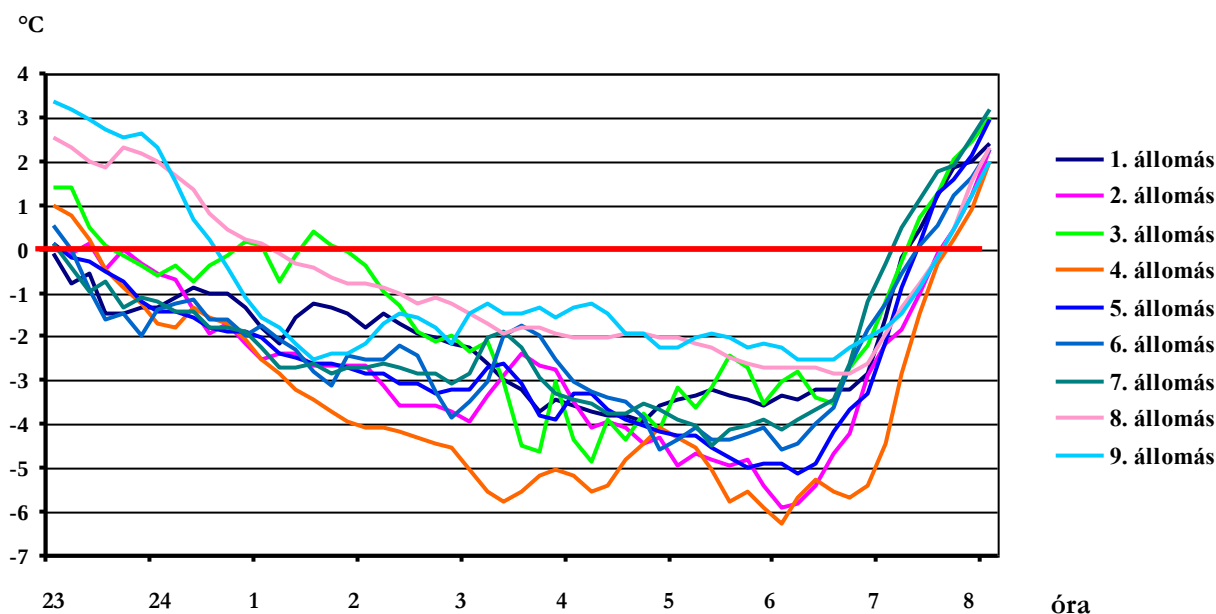
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
2012.02.08	-18,5	-21,1	-20,3	-20,1	-18,8	-17,8	-17,0	-17,6	-16,7
2012.02.09	-18,1	-19,8	-18,7	-19,9	-19,0	-16,6	-16,2	-17,4	-16,5
2012.02.10	-21,7	-21,1	-22,1	-20,5	-20,3	-20,4	-20,3	-19,6	-19,9
2012.02.11	-18,8	-20,1	-21,1	-19,6	-17,9	-18,6	-17,7	-15,3	-15,2

Annak érdekében, hogy még inkább érzékeltesük, ezeket a hőmérsékleti különbségeket, csak bizonyos, rövid időszakok menetét vizsgáltuk meg. A 24. ábra a 02.09.17:00 - 02.10.8:00 közötti időintervallum hőmérsékleti képét vázolja, kilenc mérőállomás adatai alapján. Az ábrából kitűnik, hogy a belterületi (8. és 9.) állomások bizonyultak a legenyhébbnek. A legnagyobb hősziget intenzitási értéket 02.09. 23:40-kor mérhettük, értéke 7°C. A legmelegebb állomás ez esetben a 8., leghűvösebb, pedig a 3. állomás volt. A második leghűvösebb állomással (2.) összevetve is 4,1°C-os különbség alakult ki. UHI(B) mutató alapján ezen időszak legnagyobb intenzitása 4,8°C volt.



24. ábra. A hőmérséklet változása (2012. 02.09 17:00 - 02.10. 8:00)

Télen a -20°C alatti, tavasszal a vegetáció megindulása után már a néhány fokal fagyok is jelentős károkat okozhatnak, ez azonban csak egyes években fordul elő. 2012-ben a gyümölcsfák szempontjából ez a kedvezőtlen eset megvalósult április 9-ről 10-re virradó éjszaka folyamán, ez részletesebb elemzést indokol.



25. ábra. A hőmérsékleti érték alakulása kilenc mérőállomáson (2012.04.09 23:00-04.10.8:00)

A 25. ábra vázolja a hőmérsékleti menetet, a fagy szempontjából kritikus időszakban (23 és 8 óra között, amikor negatív értékeket mértünk), kilenc állomásra vonatkozóan. A belterületi állomásokon ebben az időszakban $-2,8^{\circ}\text{C}$ bizonyult a legalacsonyabb hőmérsékleti értéknek. A külterületi állomásokon tapasztalt legalacsonyabb érték $-5,9^{\circ}\text{C}$ volt. A 4. állomás erősen külterületi jelleget mutat, az időszakbeli legalacsonyabb hőmérséklet is ehhez az állomáshoz kapcsolódik: $-6,2^{\circ}\text{C}$. A kertvárosi állomások (6. és 7.) köztes állapotban vannak a kül- és belterületi állomásokhoz viszonyítva. Itt a legalacsonyabb hőmérséklet $-4,6^{\circ}\text{C}$ volt. A szakirodalom szerint bizonyos esetekben -3°C alatti hőmérséklet számít kritikus hőmérsékleti értéknek. A belvárosi állomásokon csak 1 órákor csökkent fagypont alá a hőmérséklet, a többi állomás esetében viszont már 23 órától negatív hőmérsékleteket mértünk. A külterületi állomásokon 3-4,5 órán keresztül maradt -3°C alatt hőmérséklet. A 4. állomáson, 6 órán át volt -3°C -nál, 5 órán keresztül pedig -4°C -nál alacsonyabb érték. A belvárosi állomásokon ezzel szemben nem csökkent -3°C alá a hőmérséklet.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A középhőmérsékletek viszonyából kiderül, hogy a tavaszi időszakban, ami a mezőgazdasági termelés szempontjából döntő fontosságú, mivel a vegetáció fejlődésének kezdeti szakasza, nagyobb hőmérsékleti eltérések alakulhatnak ki a városi, illetve a külterületi állomások között, mint nyáron. Az eltérések $0,5-0,8^{\circ}\text{C}$ körül mozogtak a hónapok során. A maximumhőmérsékletek esetén júniusban 1°C -ot ért el a maximális intenzitás, a többi hónapban $0,5-0,8^{\circ}\text{C}$ volt ez az érték. A minimumhőmérsékleteknél már jelentősebb hőmérsékleti különbségek is kialakultak, például márciusban és augusztusban $1,7^{\circ}\text{C}$ -os különbségek mutatkoztak a legmelegebb és a leghűvösebb állomások között. Február, május, június és július és szeptember hónapoknál ez az érték $1,1-1,4^{\circ}\text{C}$ között változik. A vizsgálatok megerősítik azt a szakirodalom által is bizonyított jelenséget, hogy a kisvárosokban havi átlagos értékekben is kimutatható a hősziget jelensége.

A speciális mikroklímával rendelkező városi (jelentős árnyékhatás és relatív mélyfekvés) állomás (10.) a nappali és az éjszakai órákban is alacsonyabb hőmérsékletű, mint a környező területek. A nyári időszakban még a külterületeknél is alacsonyabbak itt az átlagok.

A szakirodalom szerint borult, szeles időjárási helyzet gátolja a városi hősziget kifejlődését. Ezt a megállapítást eredményeink is alátámasztják, hiszen hősziget-kialakulás szempontjából kevésbé kedvező időjárási helyzetekben igen alacsony hőmérsékleti eltérések észleltünk a mérőállomások adatai között, jellemzően $0,3^{\circ}\text{C}$ -ot. A belterületek hőtöbblete ilyen időjárási helyzetben szinte elhanyagolható.

Derült, szélcsendes időben az eltérések lényegesen nagyobbak. Legnagyobb különbségek az éjszaka közepén alakulnak ki, melyek alkalmanként, egyes időpontokban a $7-8^{\circ}\text{C}$ -ot is elérte.

A fagykockázat szempontjából meghatározó éjszakai minimumhőmérsékletek eltérései a maximális intenzitásnál valamivel kisebbek, de még így is igen jelentősek. A teljes mérési időszakra vonatkozóan (243 nap) az átlagos hősziget intenzitás $1,6^{\circ}\text{C}$. Az esetek 7,4%-ában az eltérés 3°C feletti, míg a legnagyobb mért különbség $5,5^{\circ}\text{C}$ volt.

Az egyes állomások hőmérsékleti menetét vizsgálva észrevettük, hogy a külterületi állomásokon általában gyorsabban hűl le este a levegő. A nyári időszakban ez előnyt jelenthet a városi területekkel szemben, ahol a mesterséges felszín tovább tartja vissza a hőt, ezzel együtt tovább tart a növények számára kedvezőtlen meleg időszak. Külterületen viszont hamarabb éri el a növények szempontjából megfelelően alacsony hőmérsékletet.

Szem előtt tartva a hősziget hatás gyümölcstermesztési vetületeit, megvizsgáltuk, hogy milyen védelmet jelenthet –hőmérsékleti szempontból– a városon belüli elhelyezkedés a téli és a tavaszi fagyok esetén. A téli fagyok a növényi szervek fagyérzékenysége szerint más-más mértékű

megfagyást okozhatnak, ez a veszély főként akkor áll fenn, ha a növények nyugalmi időszakában -20°C alatt van a hőmérséklet. A mérési időszakunkban találtunk példát ezen fagy típus bekövetkezésére. Hagyományos gyümölcsfák esetén nem volt fagykár a külterületen mért -22°C -on sem, így a városi hősziget hatása nem nyilvánult meg. Láttuk, hogy a leghidegebb téli periódusban egyes napokon 5°C feletti hőmérsékletkülönbség is kialakulhat. Amennyiben a térségben néhány fokkal alacsonyabb minimumok alakulnának ki, akkor a leghidegebb részekben fagykárt szenvednének a gyümölcsfák, a város belső részein viszont a városi hősziget biztosítaná azt a többlet hőt, mely megvédi a növényeket a fagykároktól. Az éghajlatváltozás megnyilvánul az időjárás szélsőségesé válásában is, azaz az emelkedő átlaghőmérséklet mellett akár egyre gyakrabban előfordulhatnak szélsőségesen hideg periódusok is. Ezt összevetve a városi hősziget jelenségével, láthatjuk, hogy a jövőben még nagyobb jelentősége lesz a városok hőtöbbletének, például a fagyos időszakok esetén.

Tavaszi fagyok lényegesen gyengébbek a téli fagyoknál, de ekkor (március végétől, áprilistól) a növények jóval érzékenyebbek. Néhány fokos fagy esetén is fagykárt szenvedhetnek, a termő részek elfagyhatnak, jelentős károkat okozva a termelőknek. Többnyire akkor alakulnak ki termelés szempontjából veszélyes fagyok, ha derült, szélcsendes időjárás jellemző. Ilyen viszonyok, pedig a hősziget kifejlődése szempontjából is kedvezőnek minősülnek. A mérési időszakban lehetőségünk volt megvizsgálni a hősziget „viselkedését”, jelentőségét egy áprilisi éjszakai fagy esetében. A belvárosi állomásokon a legalacsonyabb hőmérsékleti értéknek $-2,8^{\circ}\text{C}$ bizonyult. A külterületi állomásokon tapasztalt legalacsonyabb érték $-5,9^{\circ}\text{C}$ volt, a hőmérséklet pedig 5 órán keresztül -3°C alatt maradt. Eredményeink szerint tehát a város belső részének hőtöbblete jelentős a fagykár szempontjából kritikus időjárási helyzetekben, így városi kertekben a téli és tavaszi fagyok miatti termés kiesés veszélye kisebb, mint a tömegtermelést biztosító (külterületi) üzemekben. Ezt az egyértelmű előnyt mindenképpen érdemes lenne kihasználni. Emiatt is szorgalmazni kellene a fagyérzékeny zöldség- és gyümölcskultúrák városon belüli termesztését.

A belterületeken tapasztalt magasabb átlagos hőmérséklet hatással van a növények fenológiai fázisaira, mivel ha melegebb van, előbb következnek be, illetve rövidebbek bizonyos életszakaszok. A fenológiai fázisok megrövidülése például korábbi virágzást jelenthet, ami előnyös is lehet, ha a növény számára kedvező időjárási feltételek várhatóak a közeljövőben. Ugyanakkor a tavaszi fagykockázat szempontjából koraiság nem előny. Véleményünk szerint azonban a kissé előrehaladottabb fenológiai állapot nem jelent akkora változást a fagyérzékenységben, mint amennyivel erősebb a fagy a külterületeken. A fagyok és a hősziget-hatás komplex problémakörének pontos megismerése, feltárása mindenképpen további vizsgálatokat igényel.

ÖSSZEFOGLALÁS

A városok klímájának egy sajátos vonása, hogy a városi és a természetes felszín eltérő energiagazdálkodása miatt, a város belső területei az éjszakai órákban több fokkal melegebbek a külterületi részeknél (városi hősziget).

TDK kutatásunk során azt kívántuk megismerni, hogy – az eddig vizsgált nagyvárosoknál egy lényegesen kisebb település - egy alföldi kisváros mekkora hőtöbbletet biztosíthat a város periférikus területeihez képest. A városban tapasztalható hőtöbblet hatásainak feltárása kevésbé vizsgált terület. Az előbb említett nagyvárosokban zajló kutatások eredményeit elsősorban az emberi komfortérzet illetve a fűtési igény vonatkozásában vizsgálták. Mivel a város nem csupán emberek, hanem növények élettereként is szolgál, a városi hőtöbblet hatást gyakorol a növényekre is. Bár a városok nem a kertészeti termelés fő színhelyei, elmondhatjuk, hogy vidéki városokban, családi házak kertjeiben elterjedt a zöldség- és gyümölcsstermesztés. A városi hősziget témaköre a kiskerti termelést is érinti, ezért a dolgozatban külön hangsúlyt kap a városi hősziget kertészeti vonatkozása, ezen belül is a gyümölcsstermesztésre gyakorolt hatása.

A városklíma felmérésére elterjedt a mobil mérési módszer, mely alkalmas a hősziget térbeli struktúrájának leírására. A dolgozatban, igazodva az előzőekben megfogalmazott célhoz, az állomáshálózaton alapuló módszert alkalmaztuk. Ez a módszer a térbeli felbontást leszámítva jóval részletesebb képet ad a városklímáról.

A hőmérséklet mérése 2012. február 1. és szeptember 30. között, Szarvas város bel- és külterületén, 10 mérőhelyen (családi házak kertjeiben), HOBO UA-002 adatgyűjtővel, tízperenkénti gyakorisággal történt. A hőmérőket a léghőmérséklet szokásos mérési magasságában, 2m-es szinten helyeztük el, megfelelő árnyékolást biztosítva. A mérőhelyek kiválasztásánál meghatározó szempont volt, hogy az adatok a kertklímát jellemezzék, a mikrokörnyezet hasonlóságát biztosítva.

Vizsgálataink a városi hősziget jelenségét a havi közép-, minimum-, és maximumhőmérsékletekben is kimutatták. A legnagyobb hőmérsékleti eltérések a minimumhőmérsékletek esetében alakultak ki, amely érték 1,1-1,7°C között változott a hónapok során. A havi középhőmérsékletekben a mérési időszak alatt 0,5-0,8°C-os eltérés volt. ami jelentős, hiszen a makroklímában ilyen eltérésekhez akár 100 km-es távolság is kellhet.

Az időjárási helyzet döntő mértékben befolyásolja a hősziget kifejlődését. Az eredmények azt mutatták, hogy borult, szeles időjárási helyzet elmosza a városi és a külterületek közötti hőmérsékleti különbséget. Ilyen esetekben a hősziget intenzitása 0,3°C körül mozog. Viszont derült,

szélcsendes időjárási helyzet kedvez a hősziget kifejlődésének, akár 5°C feletti eltérések is adódhatnak a mérőállomások között.

A napi minimumhőmérsékletekből számolva megállapítható, hogy a teljes mérési időszakra vonatkozóan (243 nap) az átlagos hősziget intenzitás 1,6°C. Az esetek 7,4%-ában a kül- és belterületek közötti eltérés 3°C feletti, míg a legnagyobb mért különbség 5,5°C volt.

Derült, szélcsendes napokon a hősziget intenzitás időbeli menete jelentős fluktuációt mutat. Bár az egyes napok intenzitási értékei között nagy eltérések vannak, a görbék lefutása (időbeli menet) ezzel együtt is nagy hasonlóságot mutat. Az átlagos hősziget intenzitás menete azt mutatja, hogy napnyugta környékén, illetve azt megelőzően (19-21 óra) jelentősen növekszik a kül- és belterület hőmérsékleti különbsége. A maximális értékeket 1-2 óra táján éri el a hősziget intenzitása.

A hősziget hatás gyümölcstermesztési vetületeit vizsgálva megállapítható, hogy a városon belüli elhelyezkedés bizonyos fokú védelmet jelent a téli és a tavaszi fagyok esetén. A jelentős fagykárok szinte mindig derült, szélcsendes időjárási helyzetben következnek be. Eredményünk szerint éppen ilyen esetekben legnagyobb a város hőtöbblete. Ebből következik, hogy egyes években a külterületi gyümölcsösök fagykárt szenvednek, míg a város belső részeinek kertjeiben a gyümölcsfákon a fagy nem okoz termés kiesést. Ezt az egyértelmű előnyt mindenképpen érdemes kihasználni. Emiatt is szorgalmazni kellene a fagyérzékeny zöldség- és gyümölcskultúrák városon belüli termesztését.

A belterületeken tapasztalt magasabb középhőmérséklet következtében a növények fejlődése felgyorsul. A fenológiai fázisok megrövidülése például korábbi virágzást jelenthet, ami előnyös is lehet, ha a növény számára kedvezően alakul a tenyészidőszak időjárása. Ugyanakkor a tavaszi fagykockázat szempontjából koraiság veszélyeket is rejthet. Véleményünk szerint azonban a kissé előrehaladottabb fenológiai állapot nem jelent akkora változást a fagyérzékenységben, mint amennyivel erősebb a fagy a külterületeken. Ennek megerősítésére, illetve a fagyok és a hősziget-hatás komplex problémakörének pontos megismerésére mindenképpen további vizsgálatok szükségesek.

IRODALOMJEGYZÉK

- BACSÓ N. (1963): Bevezetés az agrometeorológiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 294. pp.
- BUSSAY A. (1994): Meteorológia. Egyetemi jegyzet, GATE MTK KTI, Gödöllő, 191 pp.
- GULYÁS Á – UNGER J. – MATZARAKIS A. (2004): A városi környezet mikroklimatikus jellemzőinek bioklimatológiai szempontú elemzése Szeged példáján. II. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, CD kiadvány
- LAKATOS L. – GULYÁS Á. (2003): Connection between phenological phases and urban heat island in Debrecen and Szeged, Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis*, 36-37. 79-83.
- MOLNÁR J. – KAKAS M. – MARGUCA V. (2006): A települési hősziget-intenzitás Kárpátalja alföldi részén. III. Magyar Földrajzi Konferencia, Budapest, CD kiadvány
- OKE, T.R., (1973): City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*. 7: 769-779.
- OKE, T.R., – HANNELL F.G. (1970): The form of the urban heat island in Hamilton. *Urban climates*, WMO Tech. Note 108, 113-126.
- PROBÁLD F. (1974): Budapest városklímája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 127 pp.
- SOLTÉSZ M. (1997): A termőhely megválasztása. In: Integrált gyümölcstermesztés. Szerk. Soltész M., Mezőgazda Kiadó, Budapest, 200-205.
- SÜMEGHY Z. (2004): A szegedi városi hősziget területi és időbeli eloszlásának térképezése és elemzése. PhD értekezés, Szeged
- SZÁSZ G. – TÓKEI L. (1997): Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 722. pp.
- SZEGEDI S. (2005): Települési hősziget-mérések jellegzetes méretű alföldi településeken. *Debreceni Földrajzi Disputa*, 157-180.
- SZEGEDI S. – BAROS Z. (2006): A hősziget kifejlődése és a település méret közötti kapcsolatok vizsgálata hajdúsági településeken. *Táj, környezet és társadalom Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére*, Szeged, 509-518.
- SZEGEDI S. – KIRCSI A. (2003): The effects of the synoptic conditions on development of the urban heat island in Debrecen, Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica. Universitatis Szegediensis*, 36-37. 111-120.
- SZEGEDI S. – KIRCSI, A. (2004): A városi hősziget kialakulása és térszerkezete különböző időjárási helyzetekben. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2004. szeptember 2-4. 1639-1647.

- UNGER J. (1992a): Diurnal and annual variation of the urban temperature surplus in Szeged, Hungary. *Időjárás* 96. 4. 235-244.
- UNGER J. (1992b): The seasonal system of urban temperature surplus in Szeged, Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica. Uniersitatis Szegediensis*, 24-26. 49-57.
- UNGER J. (1996): Heat Island Intesity with Different meteorological Conditions in a Medium-Sized Town: Szeged, Hungary. *Theoretical and Applied Climatology*. 54. 147-151.
- UNGER J. (2010): A városi hősziget-jelenség néhány aspektusa, MTA Doktori értekezés, Szeged, 107. pp.
- UNGER J. – MAKRA L. (2007): Urban-rural difference in the heating demand as a consequence of the heat island. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis*, 40-41. 155-162.

www.sat24.com

NYILATKOZAT

Nyilatkozom és aláírással igazolom, hogy a TDK dolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a TDK dolgozatra vonatkozó jogszabályokat betartottam.

Szarvas, 2012. október 31.

.....

Litauszky Borbála