

## A HŐSZIGET KIFEJLŐDÉSE ÉS A TELEPÜLÉS MÉRET KÖZÖTTI KAPCSOLATOK VIZSGÁLATA HAJDÚSÁGI TELEPÜLÉSEKEN

SZEGEDI SÁNDOR<sup>80</sup> – BAROS ZOLTÁN

### EXAMINATIONS ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN SETTLEMENT SIZE AND DEVELOPMENT OF THE HEAT ISLAND IN SETTLEMENTS OF THE HAJDÚSÁG REGION

**Abstract:** Small and medium sized towns, located near the city of Debrecen (217,000 inhabitants) in East Hungary, were chosen for the present study. All settlements are situated on a nearly flat terrain, without rivers and lakes, which are favorable conditions for development of Urban Heat Island. Mobile techniques were used in order to get abundant comparable data for all settlements. On the base of the results, spatial and temporal characteristics of UHI in the various settlements are described. Characteristic maximal UHI intensities have been determined for the typical built-up types of the different settlements.

### BEVEZETÉS

A Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszéke és a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszéke közötti együttműködés a városklíma kutatás területén már több mint öt éves múltra tekint vissza. A Debrecenben Berényi Dénes által megkezdett kutatások (*Berényi D.* 1930) folytatását jelentette a 1999. őszén útjára indított program, amely 2000 ősztől összhangban zajlott a Szegeden folyó kutatásokkal (e.g. *Unger J. et al.* 2000, *Bottyán, Z. – Unger, J.* 2003, *Bottyán, Z. et al.* 2005). A Debrecen éghajlatmódosító hatásának részletes feltérképezését célzó kutatás első lépése a városban a környező természetes felszínhez képest kialakuló hőtöbblet, az ún. városi hősziget kifejlődésének és területi szerkezetének vizsgálata volt. Ezt követően kisebb településekre is kiterjesztettük a vizsgálatokat Debrecen környékén, hogy a településméret és a hősziget erőssége közötti összefüggéseket alaposabban feltárhassuk (*Szegedi S.* 2004).

A város és környezete közötti hőmérsékleti különbség nagysága a települések méretével nő, a nagyobb városok erősebb hőszigettel rendelkeznek. A hősziget térbeli képét, vagyis a városon belüli hőmérséklet megoszlást az adott település beépítési viszonyai határozzák meg. Ennek alapján általánosságban annyi állapítható meg, hogy a peremek felől a városközpont felé – a beépítés sűrűségével párhuzamosan – növekszik a hősziget intenzitása. A jelenleg is folyó vizsgálatok első fázisában a kutatásba bevont települések hőszigeteinek speciális területi jellegzetesség-

---

<sup>80</sup> Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék. 4010 Debrecen, Egyetem tér 1. E-mail: szegedis@puma.unideb.hu

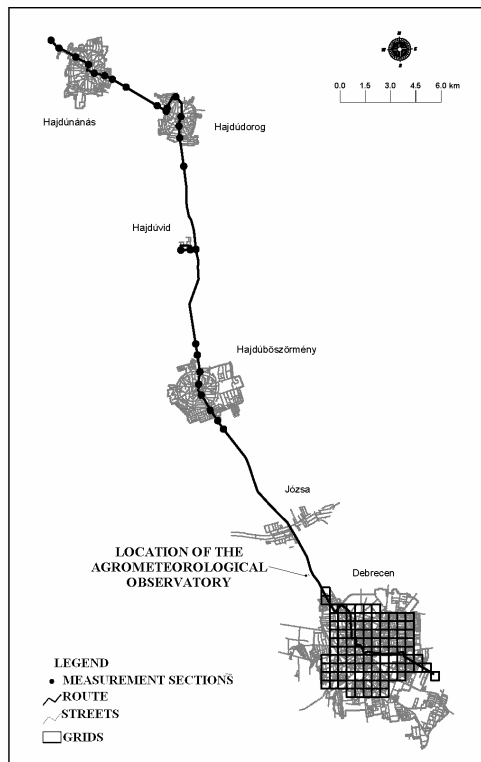
geit állapítottuk meg. Azt is meg kívántuk határozni, hogyan hat a településméret a hasonló szerkezetű településeken a hősziget intenzitás nagyságára.

Észak-amerikai kutatók vizsgálatai szerint az ottani beépítési szerkezet mellett hozzávetőleg 2-3000 fős lélekszám a határ, amely fölött a település már hőszigetet hoz létre (Oke, T. R. 1973). Paradox módon, a sűrűbb beépítésű, tehát elvileg erősebb hőszigettel rendelkező európai városokban ez a küszöb 5000 fő körül van (Landsberg, H. E. 1981). Oke, T. R. (1973) empirikus formulát dolgozott ki a lakosság és a hősziget intenzitás közötti összefüggés leírására:

$$\Delta T_{(u-r)\max} = 2,01 \times \log P - 4,06 \quad (1)$$

ahol  $\Delta T_{(u-r)\max}$  a maximális hősziget intenzitás, vagyis a városi (u) és a vidéki (r) területek között mérhető legnagyobb hőmérséklet különbség, P a település lakosság-száma. A városi és a környező szabad területek természetes felszínének eltérő energia-háztartása következtében a városokban rendszerint magasabb a hőmérséklet, derült szélcsendes időjárás esetén kialakul a városi hősziget. Ennek erőssége

alapvetően a mesterségesen behozott energiától és a városszerkezeti adottságoktól (beépítési intenzitás, laksűrűség, beépítési mód) függ (Unger J. et al. 2001).



1. ábra A mérési útvonal a vizsgálatba bevont településekkel. A pontok a mérési szakaszok határait, a négyzetek a debreceni gridhálózatot mutatják

Figure 1 Location of the study area in Hungary

## A KUTATÁSI TERÜLET

A vizsgálatokba Debrecen, Hajdúböszörményt, Hajdúnánást, Hajdúdorogot és Hajdúvidet vontuk be. Debrecen szolgált összehasonlítási alapul, mivel ott korábban már részletes hősziget méréseket folytattunk.

Debrecenhez közel fekvő, hasonló természetföldrajzi adottságokkal és szerkezettel rendelkező, az Alföldön gyakori 30.000, 20.000, 10.000 és 1000 fő körüli lakossággal rendelkező településeket választottunk (1. ábra). A települések síksági fekvése, ahol a domborzat zavaró hatása nem érvényesül, valamint az, hogy egyiket sem szeli át folyó, kedvez a hősziget kifejlődésének. A mérési útvonal a Dél-Nyírség nyugati pereméről indul, a Tócsó patak allúviu-mán átkelve a Hajdúhát tengelyében

halad. A tengerszint feletti magasság 103 és 124 méter között változik az útvonal mentén. Hirtelen magasság-ingadozások a Tóció allúviumától eltekintve nincsenek benne.

Mivel a településszerkezet alapvetően kihat a hősziget kialakulására, ezt is figyelembe kellett venni a vizsgálatok során.

Debrecen beépítési szerkezete sajátosan féloldalas, ami a hősziget kialakulása szempontjából is érdekes feltételeket teremt. A város keleti részén a kertes családiházak beépítés dominál, míg a nyugati oldalon a lakótelepek 4-14 emeletes panelházai uralkodnak. A mesterséges talajfedés aránya a keleti oldalon nagyrészt 50% alatt, míg nyugaton 50-75% között van.

A városközpont is jellegzetes képet mutat, mivel ott a legmagasabb a mesterséges talajfedés aránya (75% felett), de az épületek csak 3-4 emelet magasak. Ez határozza meg a sugárzást elnyelő, a levegő felmelegedésében kulcsszerepet játszó ún. aktív felszín arányát. A városközpontban a horizontális aktív felszínnek vannak túlsúlyban, míg a lakótelepeken meghatározóak a függőleges aktív felszínnek a viszonylag alacsonyabb mesterséges talajfedés mellett. A város déli részén elterülő ipari területeken szintén magas, 50% feletti a mesterséges felszín aránya a vertikális tagoltság ugyanakkor nem jelentős.

A vizsgált területbe északon a Nagyerdei Park – az 1939-ben, hazánk első természetvédelmi területként védetté nyilvánított Debreceni Nagyerdő városon belüli része – is beletartozik.

A vizsgálatba bevont vidéki települések közül Hajdúböszörmény, Hajdúnánás és Hajdúdorog jellegzetes hajdúváros, azok koncentrikus, körutas szerkezetével. A körhöz közeli szerkezet és az egyenletes beépítés szabályos formát adhat a hőszigetnek. A mesterséges talajfedés aránya a települések beépített területén döntően 25 és 50% között mozog, csak a városközpont környékén éri el az 50%-ot. A beépítés kisvárosi, a körúton kívül gyakran falusi jellegű, döntően földszintes és egyemeletes házakkal. Csak a városközpontban jelennek meg a legfeljebb 4 emeletes középületek és panelházak. Ezek azért fontosak, mivel itt a függőleges aktív, sugárzást elnyelő és sugárzó felszín aránya kétszerezese a környező földszintes, egyemeletes beépítésű területének.

Hajdúvid az előbbiektől eltérő, saktáblához hasonló szerkezettel rendelkező falusi beépítésű település földszintes és egyemeletes épületekkel. A mesterséges talajfedés aránya 25% körüli.

A vizsgált települések a jellemző alföldi településméret kategóriákat is jól reprezentálják: Hajdúböszörmény lakossága 31.993 fő (a belterületen 28.799 fő), Hajdúnánás lakossága 18.185 fő, Hajdúdorog lakossága 9595 fő, míg Hajdúvidnek 809 lakosa van.

## ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A mérések során az volt a cél, hogy megállapítsuk a városon kívüli viszonyítási területhez képest fennálló hőmérsékleti különbségeket a települések összefüg-

gően beépített területén a hősziget maximális kifejlődése idején. Debrecenben a korábbi városklíma mérések során egy a város összefüggően beépített, közel 27 km<sup>2</sup> kiterjedésű részét lefedő gridhálózatot készítettünk. Az EOTR 1:10.000-es méretarányú térkép hálózatát negyedelve jutottunk 0,5x0,5 km méretű gridekhez, amelyeket DNY-ÉK irányban növekvő értékű négyjegyű kódokkal jelöltünk. Ebből egy keresztmetszetet választottunk ki úgy, hogy a városra jellemző beépítési-területhasználati típusok mindegyikét érintse. A többi településen a lehetőségekhez mérten É-D-i irányú keresztmetszeteket vettünk fel, amelyek áthaladnak a településen jellemző beépítési-területhasználati típusokon. Egy-egy beépítési típus jelent egy mérési szakaszt. Ezen kívül minden településen kívül kijelöltünk egy városon kívüli háttérként használható mérési szakaszt. Ezt lokális nulla értékűként használjuk fel a hősziget intenzitás meghatározásához az adott településen.

A méréseket mobil technikával hajtottuk végre, 2003. szeptembere és 2004. szeptembere között. A méréseket úgy időzítettük, hogy a város területén a város és külterület közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség idején, napnyugta után 3-5 órával legyen a mérés középpideje.

A mérések alkalmával sor került a hősziget kialakulása szempontjából fontosabb meteorológiai paraméterek (szélirány, szélsébség, felhőzet) megfigyelésére és mérésére is.

A nagytérségi meteorológiai feltételeket a mérés napjára és a megelőző napokra vonatkozó szinoptikus térképeken kísértük figyelemmel.

## EREDMÉNYEK

Az Oke-féle (1) formula segítségével meghatározott, az adott településen lehetséges maximális hősziget intenzitások Debrecen esetében 6,7°C, Hajdúböszörmény esetében 4,9°C, Hajdúnánás esetében 4,5°C. Hajdúdorogra 3,9°C, Hajdúvidre 1,8°C. A képletet főképp nagy- és középvárosokra dolgozták ki és azokon is tesztelték, így kis településeken nagy eltérések lehetnek a mért és számított értékek közt.

A vizsgálatok a kiválasztott települések mindegyikénél kimutatták a hősziget kialakulásának lehetőségét.

Településenként meghatároztuk a teljes mérési időszak, a fűtési és a nem fűtési félév során végzett mérések mindegyikénél a legnagyobb hősziget intenzitások átlagait. A mérési időszak átlagos maximális hősziget intenzitása Debrecenben 2,4°C volt (4. ábra). A fűtési félévben ez az érték 1,8°C, míg a nem fűtési félévben elérte a 3,1°C-ot. A görbék teljesen együtt haladnak mindhárom időszakban és a példaként kiemelt 2004. június 23-i erős és szabályos hősziget esetében is. A megfigyelhető területi jellegzetességek tehát évszakoktól függetlenek.

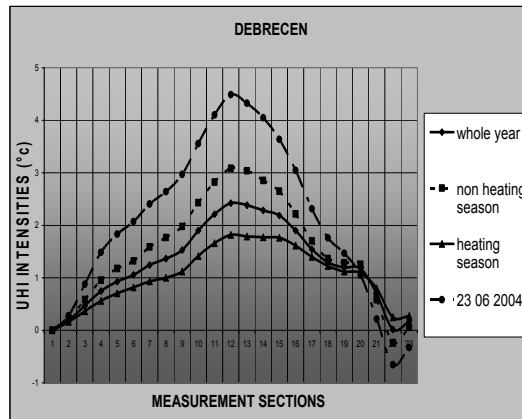
A nem fűtési félév kedvezőbb feltételeket teremtett a hősziget kialakulása számára a nagyvárosban. Ez azzal magyarázható, hogy a fűtési eredetű antropogén hőtöbblet alárendelt szerepet játszik a mesterséges és természetes felszíneltérő

hőgazdálkodásából eredő energia bevételbeli különbségekhez képest a városi hőtöbblet létrejöttében. Másrészt, a nem fűtési félévben a nagytérségi meteorológiai feltételek (erős besugárzás, gyakoribb szélcsend) is kedvezőbbek a hősziget kialakulása szempontjából.

A debreceni hősziget általános jellegzetességeiben követi az **Oke, T. R. (1987)** által leírt formát. Az általános morfológiai hasonlóságokon túl számos egyedi jellegzetességgel rendelkezik. A viszonyítási gridből indulva az első gridben az intenzitási görbe határozottan kezd emelkedni, majd a következő gridben egy törés jelentkezik, mivel a mérési útvonal itt a Kondoros eret keresztezi. Innen az intenzitási értékek újra emelkednek. A „szirtet” (2. ábra) hiába keressük, mivel a határ a beépített, szórványosan beépített és beépítetlen területek közt szinte teljesen elmosódik a mérési útvonal e szakaszán, csak a nem fűtési félév és a 2004. június 23-i példaként bemutatott görbén rajzolódik ki valamelyest.

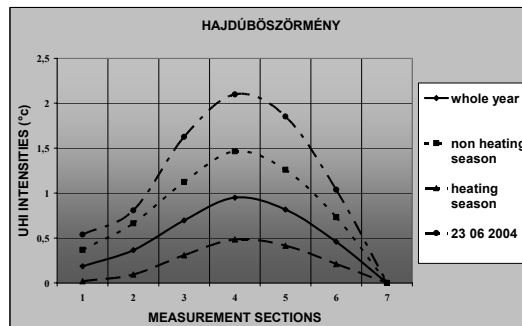
Hajdúböszörményben az éves átlagos maximális hősziget intenzitás  $0,9^{\circ}\text{C}$ . A fűtési félévben ez  $0,5^{\circ}\text{C}$ , míg a nem fűtési félévben  $1,5^{\circ}\text{C}$ -ot ért el (3. ábra). A két félév között itt is jelentős az eltérés a nem fűtési félév javára. Ideális körülmények között az intenzitás akár  $2,1^{\circ}\text{C}$ -ot is elérhet, amint az a 3. ábrán látható.

Az intenzitási görbe meglehetősen sajtáságos alakot mutat. Az északi referencia szakasz felől az összefüggően beépített kisebb kiterjedésű ipari



2. ábra Az átlagos maximális hősziget intenzitás alakulása Debrecenben a mérési időszak egészében, a fűtési és a nem fűtési félévben, illetve az intenzitási görbe futása egy ideális feltételek közt végrehajtott mérés során (2004.06.23)

Figure 2 Mean maximal UHI intensities in Debrecen during the whole studied period, in the heating and non heating season and in an ideal case (23.06.2004)



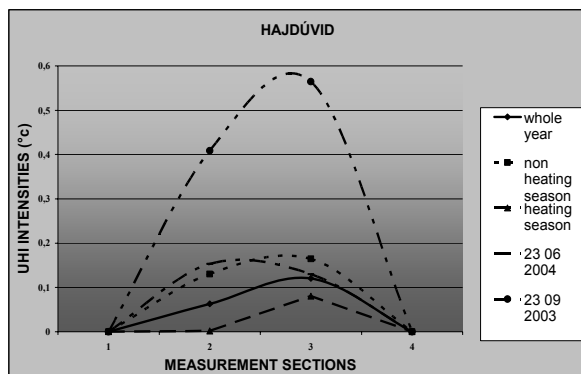
3. ábra Az átlagos maximális hősziget intenzitás alakulása Hajdúböszörményben a mérési időszak egészében, a fűtési és a nem fűtési félévben, illetve az intenzitási görbe futása egy ideális feltételek közt végrehajtott mérés során (2004.06.23)

Figure 3 Mean maximal UHI intensities in Hajdúböszörmény during the whole studied period, in the heating and non heating season and in an ideal case (23.06.2004)

területre lépve az intenzitás  $0,4^{\circ}\text{C}$ -ra ugrik (3. ábra). A kisvárosi beépítésű területen a görbe igen enyhén emelkedik, az intenzitás  $0,8^{\circ}\text{C}$ -ra nő.

A városközpontban az intenzitás meredekebben emelkedve  $0,9^{\circ}\text{C}$ -ot ér el. Tovább haladva déli oldali kisvárosi és falusi beépítésű terület irányába az intenzitás egyenletesen csökken  $0,7^{\circ}\text{C}$ -ot érve el.

A nem fűtési félévben a görbe nem karakterisztikusabb, csak az amplitúdó nagyobb. A különböző beépítésű területek közötti határok nem rajzolódnak ki határozottan, mivel a mesterséges talajborítás aránya nem növekszik jelentősen, inkább csak a geometriai központtól mérhető kisebb távolság erősítő hatása jelentkezik.



4. ábra Az átlagos maximális hősziget intenzitás alakulása Hajdúviden a mérési időszak egészében, a fűtési és a nem fűtési félévben, illetve az intenzitási görbe futása két ideális feltételek közt végrehajtott mérés során (2004.06.23, 2003.09.23)

Figure 4 Mean maximal UHI intensities in Hajdúvid during the whole studied period, in the heating and non heating season and in two ideal cases (23.06.2004, 23.09.2003)

Hajdúviden (4. ábra) a településtől keletre levő referencia szakaszhoz képest a szórvány beépítésű részen a mérési időszak átlagában  $0,1^{\circ}\text{C}$ -ot sem ér el a mérhető átlagos maximális intenzitás (4. ábra), míg a nem fűtési félévben kismértékben meghaladja ezt. A fűtési félévben nem volt értékelhető különbség a külterülethez képest. A település falusias beépítésű központjában évi átlagban  $0,1^{\circ}\text{C}$ , a nem fűtési félévben közel  $0,2^{\circ}\text{C}$  volt az átlagos maximális hősziget intenzitás, míg a fűtési félév átlagában ez  $0,1^{\circ}\text{C}$  volt. 2003. szeptember 23-án  $0,5^{\circ}\text{C}$  körüli értéket mértünk (4. ábra), ami jelzi, hogy egy megközelítőleg ezer lakosú te-

lepülésen is kimutatható hősziget ideális körülmények között.

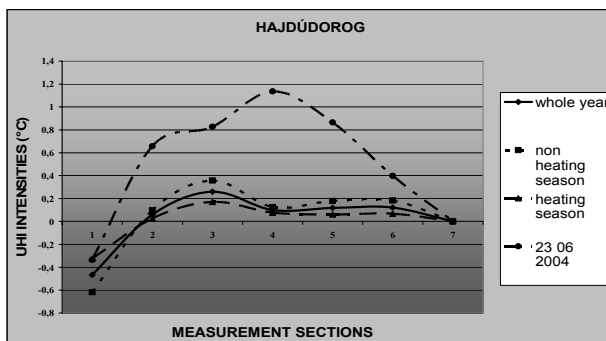
Hajdúdorogon az éves átlagos maximális hősziget intenzitás  $0,3^{\circ}\text{C}$ , a nem fűtési félévben  $0,4^{\circ}\text{C}$  és a fűtési félévben  $0,2^{\circ}\text{C}$  volt (5. ábra). Az északi referencia gridhez képest a beépített terület határán az intenzitás gyengén emelkedik. Az egyenletesen kis beépítési sűrűségű falusias beépítésű övezetben a görbe stagnál, majd egy, a városon belüli beépítetlen szakaszon kis mértékben visszaesik. Ez egy a környezeténél közel 1 méterrel alacsonyabb fekvésű vizenyős nádas terület. A városközpont felé  $0,1^{\circ}\text{C}$ -ot emelkedik az intenzitás (5. ábra).

A városközpontot elhagyva, a már falusi beépítésű területen beáll a háttérhez közeli intenzitás. Az összefüggően beépített területen kívül a referencia mérési szakaszhoz képest is alacsonyabb, negatív intenzitási érték jelenik meg. Ez a terület egy vizenyős mélyedés.

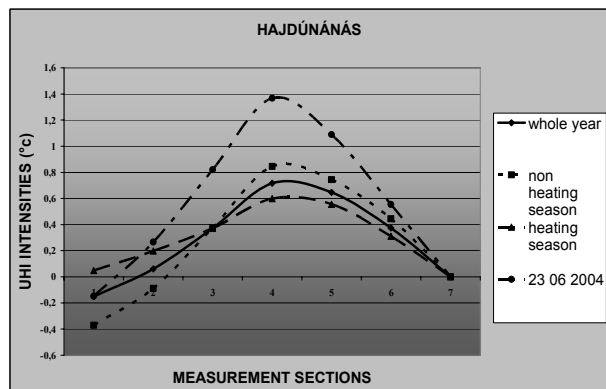
Hajdúnánáson az éves átlagos maximális hősziget intenzitás  $0,7^{\circ}\text{C}$ , a nem fűtési félévben  $0,8^{\circ}\text{C}$  és a fűtési félévben  $0,6^{\circ}\text{C}$  volt (6. ábra). Az észak-nyugati viszonyítási szakaszhoz képest a falusi beépítésű területre lépve erősen emelkedik az intenzitás, már ezen a szakaszon  $0,4^{\circ}\text{C}$ -ot ér el. Innen a kisvárosi beépítésű területen át a városközpontig már kevésbé intenzív az emelkedés (6. ábra). Az előbbinél  $0,6^{\circ}\text{C}$ , az utóbbinál  $0,7^{\circ}\text{C}$  a maximális hősziget intenzitás éves átlagos értéke. A görbe e szakasza igen hasonló az év egészében, a nem fűtési és a fűtési félévben is, csak mintegy  $0,2^{\circ}\text{C}$ -os eltérés van a görbék amplitúdójában (6. ábra)

A délkeleti kisvárosi beépítésű övezetben az intenzitás meredeken csökken, az évszakos különbségek itt eltűnnek.

A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált települések azonos beépítési típusba tartozó részei között bizonyos hasonlóságokon túl jelentős eltérések mutatkoznak a mért hősziget intenzitás vonatkozásában (1. táblázat). Már a városperemi övezetben is határozottak a különbségek. Ezen a területen az intenzitás Debrecen és Hajdúböszörmény esetében eléri a Hajdúnánás és Hajdúdorog központjában mérhető értéket. A kertés családi házas beépítésű övezetben Hajdúböszörmény és Hajdúnánás mutat hasonlóságot  $0,5-0,8^{\circ}\text{C}$ -os intenzitással. Debrecenben ennek a kétszerese jellemző, míg Hajdúdorog és Hajdúvid esetében gyakorlatilag nincs értékelhető elmozdulás a



5. ábra Az átlagos maximális hősziget intenzitás alakulása Hajdúdorogon a mérési időszak egészében, a fűtési és a nem fűtési félévben, illetve egy ideális feltételek közt végrehajtott mérés során (2004.06.23)  
Figure 5 Mean maximal UHI intensities in Hajdúdorog during the whole studied period, in the heating and non heating season and in an ideal case (23.04.2004)



6. ábra Az átlagos maximális hősziget intenzitás alakulása Hajdúnánáson a mérési időszak egészében, a fűtési és a nem fűtési félévben, illetve az intenzitási görbe futása egy ideális feltételek közt végrehajtott mérés során (2004.06.23)  
Figure 6 Mean maximal UHI intensities in Hajdúnánás during the whole studied period, in the heating and non heating season and in an ideal case (23.06.2004)

városon kívüli területhez képest. Az ipari területek nehezen hasonlíthatók össze, mivel csak a három nagyobb településen lehetett külön ilyen mérési szakaszt kijelölni. A jelentős eltérés részben azzal is összefügg, hogy Hajdúböszörményben és Hajdúnánáson az ipari terület városperemi helyzetben van. A városközpontban érvényesül legerősebben a településméret hősziget generáló hatása, bár a hősziget intenzitásában jelentkező különbség jelentősen kisebb a lakosságámbeli eltérésnél.

1. táblázat A különböző beépítési típusokra jellemző átlagos maximális hősziget intenzitási értékek a vizsgált településeken

Table 1 Characteristic UHI intensities for the built up types of the different settlement sizes

Beépítés	Debrecen	Hajdúböszörmény	Hajdúnánás	Hajdúdorog	Hajdúvid
Város peremi	0,3-0,5°C	0,4-0,5	0,1-0,4°C	0,1°C	0
Kertes családiház	0,7-1,3°C	0,7-0,8°C	0,4-0,6°C	0,1°C	-
Zöldterület	1,3°C	-	-	0,1°C	-
Társasház	2,3-1,7°C	-	-	-	-
Lakótelep	1,3-2,3°C	-	-	-	-
Ipari terület	1,3-1,5°C	0,3-0,5°C	0,4	-	-
Városközpont	2,5°C	0,9°C	0,7°C	0,2°C	0,1°C

## KÖVETKEZTETÉSEK

- A fűtési időszakhoz képest a nem fűtési időszakban átlagosan 25-50%-kal magasabb intenzitási értékek fordulnak elő, de Hajdúböszörmény esetében az eltérés háromszoros. Tehát, a mesterséges felszínek eltérő hógazdálkodásából származó hőtöbblet és nem az antropogén települési hőterhelés a hősziget kialakulásának az oka.
- Az Oke-féle formula segítségével a településméret függvényében meghatározott lehetséges maximális hősziget intenzitásokhoz képest a mért értékek, főképp a kisebb településeken jelentősen alacsonyabbak.
- Az egyes települések intenzitási görbéi az általános hasonlóságokon túl olyan egyedi jellegzetességekkel rendelkeznek, amelyek leginkább az adott település beépítési szerkezetével magyarázhatók.
- Az egyéves reprezentatívnek tekinthető mérési sor eredményei alapján meghatározható az egyes településméretű különböző beépítési típusaira jellemző átlagos maximális hősziget intenzitás értéke, ami a várható hősziget intenzitás előrejelzésének alapját jelenti.

## IRODALOM

- Berényi, D.* 1930. The effect of the building blocks on the nocturnal cooling. *Időjárás* 34. pp. 46-49.
- Bottyán, Z. – Unger, J.* 2003. A multiple linear statistical model for estimating mean maximum urban heat island. *Theor. Appl. Climatol.* 75. pp. 233-243.



*A hősziget kifejlődése és a település méret közötti kapcsolatok vizsgálata hajdúsági településeken*

---

- Bottyán, Z. – Kircsi, A. – Szegedi, S. – Unger, J.** 2005. The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *Int. Journal of Climatology* 25. 405-418
- Kratzer, P. A.** 1956. *Das Stadtklima*. F. Vieweg und Sohn, Braunschweig. 184 p.
- Landsberg, H. E.** 1981. *The urban climate*. Academic Press, New York–London–Toronto–Sydney–San Francisco. pp. 83-126.
- Oke, T. R.** 1973. City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.* 7. pp. 769-779.
- Oke, T. R.** 1987. *Boundary layer climates*. Routledge, London–New York.
- Szegedi S.** 2004. A városi hősziget vizsgálata különböző méretű alföldi településeken. III. Természet, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása című nemzetközi konferencia előadásait tartalmazó CD-Rom, Berzsényi Dániel Főiskola, Szombathely. 12 p.
- Unger, J. – Bottyán, Z. – Sümeghy, Z. – Gulyás, Á.** 2000. Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104. pp. 253-268.
- Unger, J. – Sümeghy, Z. – Zoboki, J.** 2001. Temperature cross-section features in an urban area. *Atmos. Research* 58. pp. 117-127.