

## ELTÉRŐ KLÍMAZÓNÁBAN FEKVŐ VÁROSI FELSZÍNEK TERMIKUS REAKCIÓINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA: MÓDSZEREK ÉS ELŐZETES EREDMÉNYEK

Fricke Cathy<sup>(1)</sup> , Pongrácz Rita<sup>(2)</sup> , Unger János<sup>(1)</sup> 

<sup>(1)</sup>Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, Szegedi Tudományegyetem

<sup>(2)</sup>ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

e-mail: frcsaat@gmail.com, prita@nimbus.elte.hu, unger@geo.u-szeged.hu

### 1. Bevezetés

A városklíma egy olyan lokális skálájú klimatikus rendszer, melyet a városi környezet (lakó-épületek sokasága, utcahálózatok és ipari területek) és a régió éghajlatának kölcsönhatása közösen alakít ki (WMO, 1983). Ennek következménye, hogy a beépített területekre eltérő éghajlati sajátosságok jellemzőek, mint az azt körülölelő természetes felszínborítású vagy mezőgazdasági környezetre (Oke, 1987). A beépített terület módosító hatását – amely leginkább a város felépítésétől, a felhasznált anyagoktól és az antropogén tevékenységtől függ – többek között a felszínközeli (2 m) léghőmérséklet ( $T_a$ ) és a felszínhőmérséklet ( $T_s$ ) területi különbségei reprezentálják.

A részletesebb, a város és környezetén belüli termikus különbségek vizsgálatához a ma-napság már széles körben alkalmazott keretrendszert, a lokális klímazónákat (local climate zones – LCZs) Stewart (2009) publikálta elsőként, majd Stewart & Oke (2012) véglegesítette. A rendszer 10 beépítettségi és 7 felszínborítási típust különít el. Eredeti célja a léghőmérsékletet mérő állomások – környezetük alapján történő – osztályokba sorolása volt, ám a későbbiekben számos további területre is kiterjesztették az alkalmazását. Az első ilyen alkalmazás a típusok városon belüli eloszlásának feltérképezését célozta Újvidék (Szerbia) esetében annak érdekében, hogy a telepíteni kívánt városi mérőhálózat állomásai az egyes városrészeket megfelelően reprezentálva kerüljenek elhelyezésre (Unger et al., 2011). Ezt követően Bechtel & Daneke (2012) és Lelovics et al. (2014) dolgoztak ki objektívebb megközelítésű LCZ térképezési technikákat, majd Geletič & Lehnert (2016) és Wang et al. (2018) szintén alkalmazták a módszert.

Az LCZ térképezés módszertanát felhasználva számos, a zónák közötti  $T_a$  különbségeket feltáró publikáció is született (pl. Stewart et al., 2014; Leconte et al., 2015, 2017; Skarbit et al., 2017), melyek igazolják az LCZ koncepció létjogosultságát. Ezzel szemben a módszert felszínhőmérsékletre alkalmazó kutatási eredmények még viszonylag ritkák (pl. Skarbit et al., 2015; Cai et al., 2018).

A mérsékeltövi területekre hiányoznak az olyan átfogó vizsgálatok, amelyek több éves műholdas adatbázisra támaszkodva a város és környéke LCZ-alapú felszín típusainak hőmérsékleti viszonyaira irányulva lehetővé teszik a napszakos és évszakos sajátosságok elkülönítését, illetve részletes összehasonlítását. Ehhez kapcsolódva tanulmányunk célja, hogy két, különböző éghajlaton fekvő település és környezetük termikus reakcióit és annak különbségeit vizsgáljuk 4 évre kiterjedő műholdas  $T_s$  adatok alapján. Az egyik város Szeged, mely a meleg-mérsékelt övben, viszonylag nedves klímájú területen fekszik, míg Beer Sheva (Izrael) a száraz övben, sztyeppi-sivatagi környezetben található. Mindkét városra évszakos és napi város-vidék felszínhőmérséklet különbségeket (felszíni hősziget intenzitás,  $\Delta T_{s(u-r)}$ ) a 4 év felhőzetmentes adatait felhasználva számítunk.

A vizsgálat menete a következő lépésekből áll:

(i) LCZ térképek készítése az egyes városokra Landsat-8 műholdképek alapján,

- (ii) a megjelenő LCZ típusok klímaregiók szerinti különbségeinek elemzése,
- (iii) az 1 km-es felbontású MODIS rácshálózat városi és városkörnyéki celláinak lehatárolása,
- (iv) a MODIS termikus infravörös tartományú, felhőmentes műholdképeinek kiválogatása városonként, valamint csoportosítása nappal, éjszaka és évszak szerint,
- (v) a város és vidék felszínhőmérsékleteinek és ezek különbségeinek évszakai és napszakai átlagos értékeinek meghatározása városonként,
- (vi) a kapott átlagok klímaregiók szerinti összehasonlító elemzése.

## 2. A vizsgált területek

Szeged (46°É, 20°K) Közép-Európában, az Alföld sík vidékén helyezkedik el (1. ábra). Meleg és viszonylag nedves éghajlatával a Cfb Köppen-féle éghajlati osztályba sorolható – nem jellemzi sem kiemelkedően száraz időszak, sem túl forró nyár (Peel et al., 2007). Beer Sheva (31°É, 35°K) az Izrael déli részén fekvő Negev sivatag legnépesebb városa. Szeged mérsékelt övi éghajlatával ellentétben forró, félszáraz éghajlattal jellemezhető (Köppen-féle éghajlati osztály: BSh), ahol mediterrán hatások is érvényesülnek. Az 1. táblázat a két város régiójának néhány klímamutatóját foglalja össze.



1. ábra: A vizsgált városok elhelyezkedése (csillagok: Szeged – sárga, Beer Sheva – piros).

1. táblázat: Szeged és Beer Sheva fontosabb éghajlati jellemzői (1981–2010).

Klímamutatók	Szeged	Beer Sheva
Évi középhőmérséklet (°C)	10,9	20,7
Legmagasabb havi középhőmérséklet (július/augusztus) (°C)	21,8	28,1
Legalacsonyabb havi középhőmérséklet (január) (°C)	-0,7	12,4
Átlagos éves csapadékösszeg (mm)	514	195

Szeged sík, 80 m tengerszint feletti magasságon fekszik és 40 km<sup>2</sup>-re kiterjedő beépített területén 162.000 lakos él. A város központját középszintű épületekkel sűrűn beépített mag alkotja, a városperem felé haladva északkeleti irányba szellősen épített lakótömbök sokasága, a külváros többi részein pedig családi házak és raktárépületek váltják fel a belvárosi látképet. A várost többnyire (búza és kukorica) szántóföldek veszik körül, ahol elszórtan fák is találhatók (2. ábra bal oldali képe). Beer Sheva szintén sík, 260 m körüli tengerszint feletti magasságon

fekszik, 205.000 lakosa egy 110 km<sup>2</sup>-es beépített területen él. Izrael egyik leggyorsabban fejlődő városa, mai városképének kialakulása mindössze egy évszázadra tekinthet vissza. A törökök által épített Óvárost az utóbbi évtizedekben számos, építészetileg is új szemléletű városrész veszi körül, amely 17 lakókerületet, kiterjedt egyetemi és kórházi negyedeket, informatikai és biotechnológiai központokat tartalmaz. Környezete száraz, kopár, helyenként gyér növényzetű foltokkal (2. ábra jobb oldali képe).



2. ábra: Szeged (balra) és Beer Sheva (jobbra) látképe (<https://www.google.com/maps>).

### 3. Adat és módszer

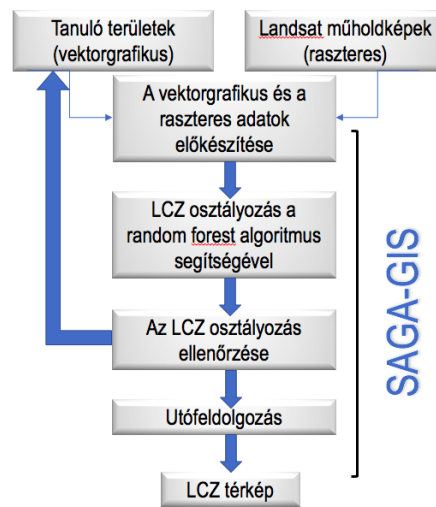
#### 3.1. LCZ térképezés

Az LCZ térképek elkészítése során Bechtel & Daneke (2012) által publikált és a Bechtel et al. (2015) által továbbfejlesztett ún. Bechtel-módszert alkalmaztuk. A módszertan egyszerűségének és objektivitásának köszönhetően az egész világon elterjedt WUDAPT projekt (<http://www.wudapt.org>) keretében alkalmazták és így vált széles körben ismertté. Az adatok feldolgozása két ingyenesen hozzáférhető szoftver (Google Earth és SAGA-GIS) segítségével történik. A SAGA-GIS bemeneti adatait egyrészt a Landsat-8 11 különböző spektrális tartományban készült műholdfelvételei képezik. Habár finom felbontásuk (30–100 m) miatt ideális alapjául szolgálnak az LCZ térképek elkészítésének, ám az eljárás során a felbontás 100 m-re történő egységesítése szükséges, amely még megfelel a lokális mintázatok megfigyeléséhez. Annak érdekében, hogy a felszíni sajátosságok szezonális változásait is figyelembe vegyük, az LCZ térképek elkészítéséhez több, különböző évszakban készült műholdfelvételt használtunk fel az egyes városokra.

A Bechtel-módszer első lépése az egyes LCZ osztályok mintaterületeinek (tanuló területek) és a vizsgált terület (Region Of Interest, ROI) körülhatárolása a Google Earth programban (3. ábra). A ROI a várost, beleértve az agglomerációt és a környező természetes felszínborítású területeket lefedő négyzet alakú poligon. Tanuló területek olyan legalább 500 m × 500 m kiterjedésű poligonok lehetnek, amelyek azonos, homogén felszíni struktúrával rendelkeznek. Miután a körülhatárolt tanuló poligonokat vektorgrafikus kml-formátumban eltároltuk, a SAGA-GIS program segítségével elvégezzük a vektorgrafikus adatok és a raszteres formátumban tárolt, Landsat-8 multispektrális műholdképek feldolgozását. Ezt követően egy ún. random forest algoritmus elvégzi az automatizált LCZ osztályozást az általunk vizsgált területeken. Abban az esetben, ha az osztálybasorolás nem ment végbe megfelelően, azaz egy adott terület LCZ osztálya és a struktúrája nem feleltethető meg egymásnak, akkor a tanuló területek finomítására, majd a munkafolyamat megismétlésére van szükség. A folyamat végén egy nagysági szűrést (majority filtering) hajtunk végre, amely minden egyes pixel a szűrő sugarának (pixel radius) megfelelő távolságban található szomszédos celláit vizsgálja át. Amennyiben egy LCZ osztály egy adott pixel vizsgált környezetében nagyobb arányban van jelen, akkor a szomszédos területekhez tartozó pixelek összessége a többségben jelen levő



LCZ osztályra cserélődik. Vizsgálatunk során 3 pixeles szűrő sugarat alkalmaztunk, ugyanis ennek zajcsökkentő hatása még nem megy a megfelelő mértékű általánosítás rovására. A munkafolyamat eredményeként egy simított LCZ térképet kapunk.



3. ábra: Az LCZ osztályozás menete a SAGA-GIS programban.

### 3.2. Felszínhőmérséklet

A két városi terület 4 éves időszakra (2014–2018) vonatkozó termikus tulajdonságait a Terra és az Aqua műholdon elhelyezett MODIS szenzor adatainak felhasználásával vizsgáltuk. A műholdakat a NASA a Föld megfigyelő rendszerének keretében működteti, melyek 705 km magasságban, kvázipoláris Föld körüli pályán keringenek, szenzoraik a különböző hullámhossz tartományokba eső sugárzást mérik (NASA, 2006). A műholdak az egyes városok felett naponta négy alkalommal (délelőtt, délután, este, hajnal) haladnak át a következő időpontokban: Szeged felett a Terra 10 UTC és 20 UTC körül, míg az Aqua 01 UTC és 12 UTC körül halad át. Beer Sheva felett a Terra 9 UTC és 20 UTC körül, az Aqua pedig 0 UTC és 11 UTC körül halad át.

A MODIS felszínhőmérsékleti adatbázisának horizontális felbontása 1 km, így a városokra jellemző belső, strukturális eltérések viszonylag részletesen kirajzolódnak. Mivel a lokális skálájú termikus különbségek a felhőtlen idővel és kis légmozgással jellemezhető anticiklonok ideje alatt a legdominánsabbak, ezért kiválogattuk a 2014 nyara és 2018 tavasza közé eső összes derült nappalt és éjszakát. Egy adott nap esetében egy nappalt akkor tekintettünk felhőmentesnek, ha a délelőtti és délutáni napszakban is zavartalan volt a felszín detektálása a teljes vizsgált területen. Ehhez hasonlóan a felhőtlen éjszaka feltétele a derült este és derült hajnal volt. Tehát ha egy adott város általunk kijelölt, beépített és a városhoz tartozó városkörnyéki celláinak területén (lásd 3.3. fejezet) akár egy felhős cella is előfordult, akkor azt a nappalt vagy éjszakát számításaink során nem vettük figyelembe (2. táblázat).

### 3.3. A városi és városkörnyéki cellák kiválasztásának folyamata

Ahhoz, hogy összehasonlító munkát végezzünk, elengedhetetlen a városi és a városkörnyéki területek fogalmának egyértelmű definiálása. Ennek érdekében a QGIS szoftver segítségével kinyertük az LCZ osztályoknak a MODIS cellákon belüli kiterjedését és ez alapján becsülni tudtuk az egyes cellák beépítettségi arányát.

2. táblázat: A leválogatott felhőtlen nappalok és éjszakák száma a két városban a négy évszakra vonatkozóan (2014.06.01.–2018.05.31.).

		Szeged		Beer-Sheva	
		Nappal	Éjszaka	Nappal	Éjszaka
2014-2018	Tél	20	10	24	99
	Tavaszi	56	28	130	75
	Nyár	73	42	288	206
	Ősz	58	33	152	89
	Összes	<b>207</b>	<b>226</b>	<b>1188</b>	<b>938</b>

A városi területekhez tartozóknak azokat a cellákat tekintettük, (i) amelyekben a beépített LCZ-k aránya legalább 50%, (ii) amelyek folytonosan kapcsolódnak egymáshoz, annak érdekében, hogy kiszűrjük a kisebb, távolabbra eső és különálló beépített területek hatását. Továbbá azért, hogy a városi cellák városkörnyéki területeken jellemző, ritkán lakott térségek által okozott túlzott kiterjedését megelőzzük, a városi területekhez való tartozás további feltétele (iii) a teljes cella közigazgatási határon belüli fekvése volt.

Egy reprezentatív városkörnyéki terület definiálása ennél jóval komplexebb feladatot jelent. Dezső (2009) a városkörnyéki területekhez a MODIS felszínborítási adatai alapján azokat a cellákat sorolta, amelyek (i) távolsága a beépítettség határától legfeljebb a város átlagos sugara, (ii) felszín típusa nem hegyvidék, illetve vízzel borított és (iii) a városhoz viszonyított szintbeli eltérése nem haladja meg a  $\pm 100$  m-t. Mivel vizsgálataink során ugyanúgy figyelmen kívül szeretnénk hagyni a beépített és a vízzel borított területek, illetve a domborzat módosító hatását, ezért a városhoz viszonyított 200 m szintkülönbséget, illetve az 1% vízzel borítottságot meghaladó MODIS cellákat nem soroltuk a városkörnyéki cellák közé. Továbbá, a városkörnyéki cellákhoz (iv) többnyire lakatlan, valamint (v) az általunk kijelölt városi cellák határától legalább 2 km és legfeljebb  $\sqrt{32}$  km távolságra található cellákat soroltuk. A  $\sqrt{32}$ -es számot úgy kaptuk meg, hogy a város közvetlen közelét figyelmen kívül hagyva minden irányban két MODIS cellányi távolságot kihagyva jelöltük ki a városkörnyéki területeket. A városkörnyéki területeken található kisebb tanyák és falvak hatásának kiküszöbölése végett utolsó feltétel volt még, hogy (vi) a cellák összeépítettségi aránya (total building surface fraction, TBSF) legfeljebb 1%-ot érhet el. A beépítettségi arány (building surface fraction, BSF) az LCZ osztály szerint változó érték, tehát a különböző arányoktól függően az egyes beépített LCZ-k megengedett kiterjedése különböző mértékű volt (3. táblázat).

3. táblázat: A beépített LCZ osztályok beépítettségi aránya (BSF) és a városkörnyéki cellákban megengedett maximális összeépítettségi arány (TBSF).

LCZ osztályok	BSF (%)	Maximum TBSF (%)
Kompakt, (középmagas – LCZ 2) / alacsony – LCZ 3)	40–70	2.5
Nyitott (középmagas – LCZ 5) / alacsony – LCZ 6)	20–40	5
Kiterjedt, alacsony – LCZ 8	30–50	3
Ritkán lakott – LCZ 9	10–20	10

### 3.4. A felszíni hősziget intenzitás kiszámítása

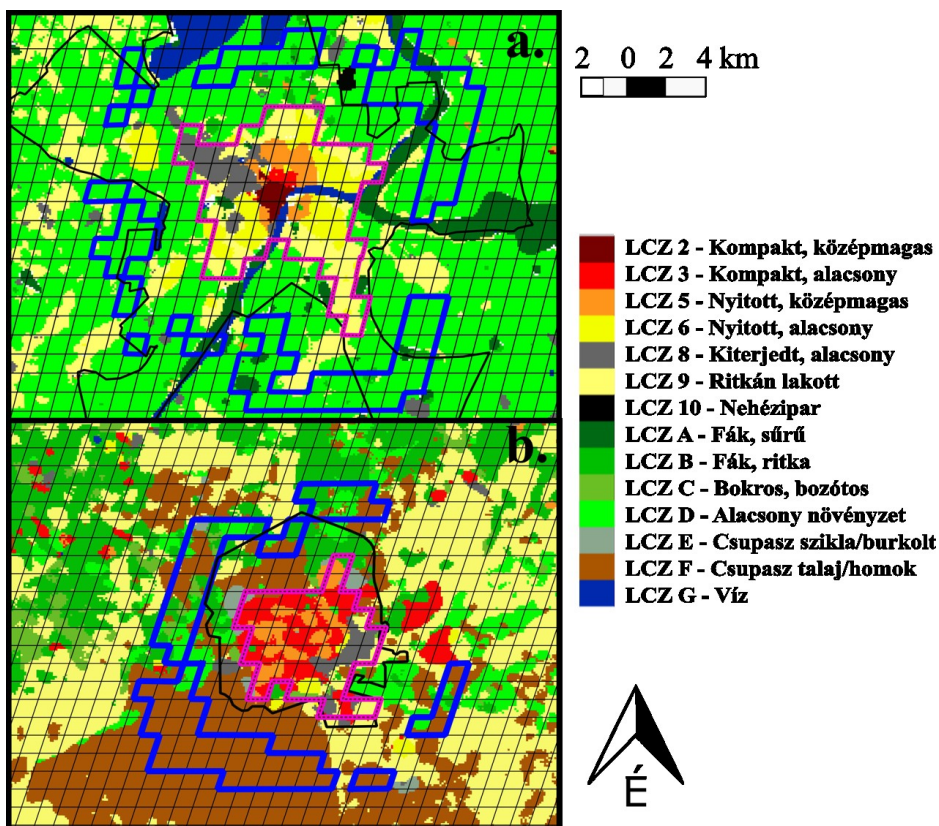
A műholdas felszínhőmérsékleti idősorok lehetővé teszik Szeged és Beer Sheva termikus tulajdonságainak térbeli és időbeli eloszlásának elemzését. Elsőként a felhőmentes (délelőtti

és délutáni adatokon alapuló) nappalok és (esti és hajnali adatokon alapuló) éjszakák felszínhőmérséklet átlagainak évszakos értékeit számítottuk ki az egyes városokra vonatkozóan. Ezt a város és a városkörnyék közötti évszakos átlagos  $T_s$ -különbségek ( $\Delta T_{s(u-r)}$ ) meghatározása követte. Végezetül a városok éghajlati különbözőségéből adódó termikus hatások különbözőségeit az általunk vizsgált városok évszakos átlagainak összehasonlításával tárjuk fel.

#### 4. Eredmények

##### 4.1. Az LCZ térképek és a körülhatárolt városi és városkörnyéki területek

A 4. ábra felső (a) része Szeged, az alsó (b) része pedig Beer Sheva LCZ térképét mutatja be, melyek alapján három LCZ osztály egyáltalán nem szerepel a városok területén: az LCZ 1 (kompakt beépítés, magas épületek), az LCZ 4 (nyitott beépítés, magas épületek) és az LCZ 7 (könnyűszerkezetű, alacsony épületek).



4. ábra: Szeged (a) és Beer Sheva (b) MODIS rácshálózatra illesztett LCZ térképe a városok közigazgatási határaival (fekete), valamint a lehatárolt városi (lila körvonal) és városkörnyéki (kék körvonal) területeivel.

Szeged esetében a közigazgatási határ viszonylag távol helyezkedik el a belvárostól és szűkebb környezetétől, amelyet nagy kiterjedésű vegetációval borított terület vesz körül. Ezzel szemben Beer Sheva közigazgatási határa a sűrűn beépített városmaghoz közelebb helyezkedik el és a várostól északkeleti irányba egy nagy kiterjedésű, jellemzően ritkán lakott területet (LCZ 9) választ el a városmagtól. Szeged központját kompakt beépítés, közép magas épületek (LCZ 2) jellemzik, míg Beer Sheva területén nincs olyan városrész, amely ebbe az osztályba sorolható. Az LCZ 3 (kompakt beépítés, alacsony épületek) és az LCZ 5 (nyitott beépítés, közép magas épületek) osztály Szegeden a belváros körül északi és déli irányban, Beer Sheva-ban a város központjának közelében, illetve a városmagtól távolabbra eső területe-

teken, foltokban elszórva található. Szeged városperemén a nyitott beépítésű, alacsony szintű épületek (LCZ 6) és a ritkán lakott területek (LCZ 9) a leggyakoribbak, míg Beer Sheva városában az LCZ 6 csak kisebb területet fed le. A kiterjedt beépítésű, alacsony épületekkel jellemezhető LCZ 8 elhelyezkedésében is különbségek fedezhetők fel a két város között: az LCZ osztály Szegeden az északnyugati részen jellemző, míg Beer Sheva-ban a város déli felében, elszórta található. Beer Sheva környezetében nem található nehézipari terület (LCZ 10), viszont Szeged környékén fellelhető, noha csak kis kiterjedésben, szigetszerűen.

A Szeged városkörnyéki területein az alacsony növényzet (LCZ D) a domináns felszínborítottság, de emellett erdős (LCZ A) és elszórta fás (LCZ B) területek is előfordulnak. A mezőgazdasági tevékenység következtében az alacsony növényzetet időszakosan csupasz talaj/homok (LCZ F) váltja fel, ezért térképezés során a két kategóriát egyesítettük (LCZ D). Mivel különböző évszakokban készült Landsat-8 műholdképeket használtunk fel az LCZ térképezés folyamán, ezért az osztályozás egyszerűsítése könnyen megoldható volt ezzel az összevonással. Beer Sheva városon kívüli térségében az elszórta található fák és az alacsony növényzet mellett a félsivatagi éghajlatú régiókra jellemző homok fed le viszonylag nagy területet.

A 3.3. fejezetben említett város/városkörnyéki cellák körülhatárolása során a városokra eredményül kapott elkülönített területeket is a 4. ábra szemlélteti. A 4. táblázat pedig azon 1 km<sup>2</sup>-es cellák számát összegzi, amely cellák területét legalább 75%-ban borította beépített LCZ (2–10) osztály, emellett városi és városkörnyéki cellák egyes városokra vonatkozó számát is feltüntettük.

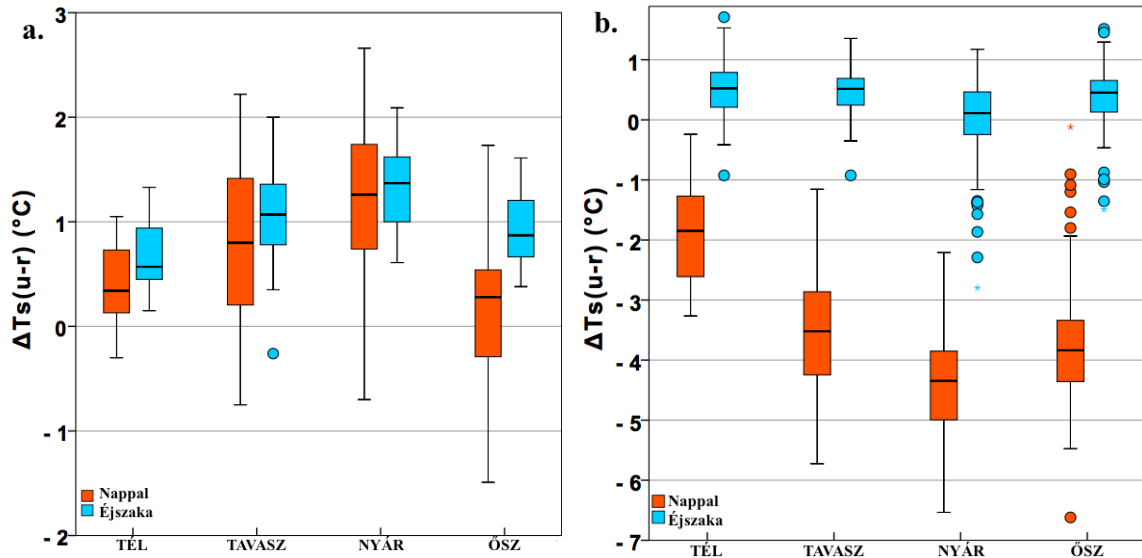
4. táblázat: A több mint 75%-ban beépített LCZ-vel borított cellák száma az egyes LCZ osztályok szerint, valamint a városi és városkörnyéki cellák összesített száma a vizsgált városokban.

LCZ osztály	Cellák száma								
	2	3	5	6	8	9	10	város	vidék
Szeged	1	0	2	6	4	6	0	66	84
Beer Sheva	0	6	2	0	1	1	0	41	66

#### 4.2. A felszíni hősziget intenzitás klímazónák szerinti összehasonlítása

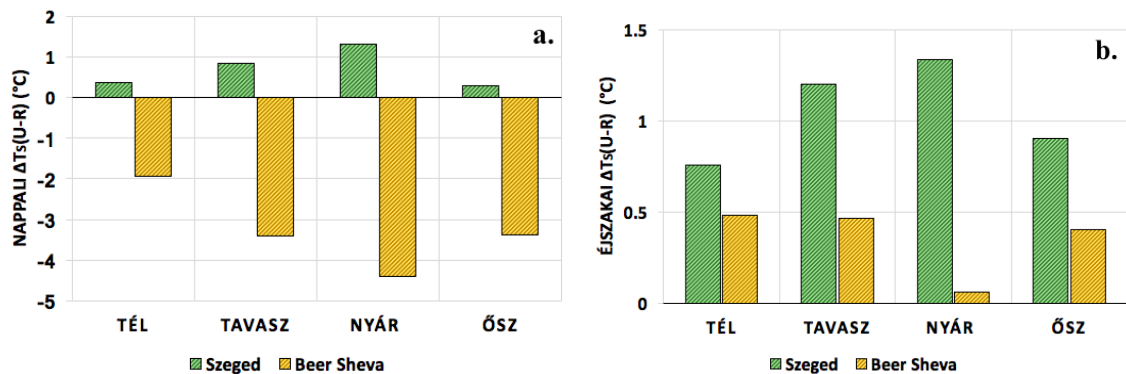
Az 5. ábra a rendre Cfb és BSh éghajlatú Szeged és Beer Sheva hősziget intenzitásának az egyes évszakokra vonatkozó Box-Whiskers diagramját mutatja be. Az 5a. ábra alapján megállapítható, hogy Szegeden a legnagyobb  $T_s$  különbségek nyáron jelentkeznek mind a nappali, mind az éjszakai időszakokra vonatkozóan. A maximális  $\Delta T_{s(u-r)}$  nappal jelentkezik, ekkor több mint 2,5 °C-kal volt magasabb a városi területek felszínhőmérséklete, mint a városkörnyéké. Továbbá, a nyári nappalok jellemzően 0,8–1,8 °C-kal melegebbek a városi területeken a városkörnyékhez képest. Az általában elmondható, hogy az egyes napok éjszakai város-vidék különbségei – a mérsékeltövi városokra jellemzően – jóval kisebb ingadozást mutatnak, mint a nappali különbségek.

A Beer Sheva-ra vonatkozó nappali  $T_s$  évszakai átlagait tekintve (5b. ábra), és összevetve Szeged értékeivel (5a. ábra), szembevető különbség jelenik meg. A félsivatagi környezet következménye, hogy nappal e homokkal borított területek a városhoz képest jóval nagyobb mértékben forrósodnak fel a beérkező rövidhullámú sugárzás miatt, mint a városi területek – ez nyáron akár több mint 6 °C  $T_s$ -beli különbséget jelenthet. Az éjszakai  $\Delta T_{s(u-r)}$  értékeket tekintve elmondható, hogy nincs jelentős különbség Beer Sheva és Szeged között: a köztük lévő eltérések 1 °C körül alakulnak, de Beer Sheva (pozitív) értékei közelebb vannak a 0-hoz és nem jellemző rájuk nagy évszakai változékonyság.



5. ábra: A város-vidék átlagos évszakos nappali és éjszakai  $T_s$  különbségeire ( $\Delta T_{s(u-r)}$ ) vonatkozó Box-Whiskers diagramok (a) Szeged és (b) Beer Sheva esetében (2014.06.01. – 2018.05.31., felhőmentes nappalok és éjszakák).

A városok egyes évszakokra számított átlagos  $T_s$  eltéréseinek egymással való összehasonlítását a 6. ábra teszi lehetővé. Mindkét város nappali  $T_s$ -különbségeinek abszolút értéke a nyári időszakban éri el a maximumát, ám Szegeden a különbségek kisebb, de pozitív értéket vesznek fel. Beer Sheva-ban a téli hónapokban volt a legalacsonyabb ( $-1,9$  °C) a nappali átlagos  $\Delta T_{s(u-r)}$ , míg Szegeden ez ősszel volt megfigyelhető ( $0,29$  °C) (6a. ábra). Éjszaka minden érték pozitív volt mindkét városban, Szeged éjszakai átlagos  $T_s$ -különbségei mind a négy évszakban meghaladták Beer Sheva különbségeit. A két város közötti eltérés nyáron érte el a maximumot, ekkor Beer Sheva-ban a  $\Delta T_{s(u-r)}$  értéke minimális volt ( $0,06$  °C), Szegeden viszont ekkor észlelhető a legnagyobb átlagos  $T_s$ -különbség ( $1,37$  °C) az év során (6b. ábra).



6. ábra: A Cfb éghajlati osztályba tartozó Szeged és a BSh éghajlati osztályba sorolható Beer Sheva átlagos nappali (a) és éjszakai (b) város-vidék  $T_s$  különbségeinek ( $\Delta T_{s(u-r)}$ ) összehasonlítása évszakonként (2014.06.01. – 2018.05.31., felhőmentes nappalok és éjszakák alapján).

## 5. Összegzés

Az eredmények alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy az éghajlat jelentősen befolyásolja a város és a városkörnyék közötti  $T_s$ -különbséget, ráadásul a városok eltérő éghajlati



adottságai a városi hatás ellentétes következményeit is előidézhetik. Szeged esetében a felhőmentes nappalokon és éjszakákon a város átlagosan melegebbnek bizonyult a városkörnyéki területeknél, míg Beer Sheva esetében ez csupán az éjszakai időszakban volt jellemző, és a különbség igen csekély volt a teljes évre vonatkozóan – az átlagok a 0,5 °C-ot sem haladták meg egyik évszakban sem. Ugyanakkor Beer Sheva városában (Szegeddel ellentétben) a város mérséklő hatása figyelhető meg, hiszen a város a teljes évben átlagosan hűvösebbnek bizonyult a sivatagi környezeténél.

## Köszönetnyilvánítás




A műholdas felszínhőmérsékleti adatbázis (MOD11A1, MYD11A1) előállítására és online rendelkezésre bocsátására (https://lpdaac.usgs.gov/data\_access/data\_pool) az amerikai NASA Földfelszíni Megfigyelőrendszer Adatközpontjának köszönhető. A Landsat adatok a NASA által üzemeltetett www.earthexplorer.usgs.com oldalról származnak. A kutatásokat támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K-120605 és K-129162 számú projektje, valamint az AGÁRKLIMA2 (VKSZ\_12-1-2013-0034) projekt.

## Hivatkozások

- Bechtel, B., Alexander, P.J., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, F., Mills, G., See, L., Stewart, I., 2015: Mapping Local Climate Zones for a worldwide database of the form and function of cities. *Int. J. Geo-Information*, 4: 199–219. <https://doi.org/10.3390/ijgi4010199>
- Bechtel, B., Daneke, C., 2012: Classification of Local Climate Zones based on Multiple Earth observation data. *IEEE J Selected Topics in Appl. Earth. Obs. and Rem. Sens.* 99: 1–5. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2012.2189873>
- Cai, M., Ren, C., Xu, Y., Lau, K. K-L., Wang, R., 2018: Investigating the relationship between local climate zone and land surface temperature using an improved WUDAPT methodology – A case study of Yangtze River Delta, China. *Urban Clim.*, 24: 495–502. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.05.010>
- Dezső, Zs., 2009: A magyarországi és közép-európai nagyvárosokban kialakuló városi hősziget vizsgálata finom felbontású műholdképek alapján. Doktori (PhD) értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 112.
- Geletič, J., Lehnert, M., 2016: A GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Morav. Geogr. Rep.* 24/3: 2–12. <https://doi.org/10.1515/mgr-2016-0012>
- Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R., Pétrissans, M., 2015: Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. *Build. Environ.*, 83: 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.005>
- Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R., Pétrissans, M., 2017: Analysis of nocturnal air temperature in districts using mobile measurements and a cooling indicator. *Theor. Appl. Climatol.*, 130: 365–376. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1886-7>
- Lelovics, E., Unger, J., Gál, T., Gál, C. V., 2014: Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Clim. Res.*, 60: 51–62. <https://doi.org/10.3354/cr01220>
- NASA, 2006: Earth Science Reference Handbook. National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C., 277.
- Oke, T.R., 1987: Boundary Layer Climates. Second Edition. Routledge, University Press, Cambridge, 435. <https://doi.org/10.1002/qj.49711448412>

- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth. Syst. Sci.*, 11: 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Skarbit, N., Gál, T., Unger, J., 2015: Airborne surface temperature differences of the different Local Climate Zones in the urban area of a medium sized city. JURSE, Lausanne, Switzerland, PID3445901. <https://doi.org/10.1109/JURSE.2015.7120497>
- Skarbit, N., Stewart, I.D., Unger, J., Gál, T., 2017: Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the ‘local climate zones’ of Szeged, Hungary. *Int. J. Climatol.*, 37/S1: 582–596. <https://doi.org/10.1002/joc.5023>
- Stewart, I.D., 2009: Classifying urban climate field sites by „Local Climate Zones”. *Urban Climate News*, 34: 8–11.
- Stewart, I.D., Oke, T.R., 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 93: 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Stewart, I.D., Oke, T.R., Krayenhoff, E.S., 2014: Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations. *Int. J. Climatol.*, 34:1062–1080. <https://doi.org/10.1002/joc.3746>
- Unger, J., Savic, S., Gál, T., 2011: Modelling of the annual mean urban heat island pattern for planning of representative urban climate station network. *Adv. in Meteorol.* 2011, ID 398613, 9. <https://doi.org/10.1155/2011/398613>
- Wang, R., Ren, C., Xu, Y., Lau, K. K-L., Shi, Y., 2018: Mapping the local climate zones of urban areas by GIS-based and WUDAPT methods: A case study of Hong Kong. *Urban Clim.*, 24: 567–576. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.10.001>
- World Meteorological Organization, 1983: Abridged final report, 8th session. Geneva, Commission for Climatology and Applications of Meteorology (WMO No. 600).
- WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools). <http://www.wudapt.org>
- 

## ORCID

- Fricke C.  <https://orcid.org/0000-0001-5737-4618>
- Pongrácz R.  <https://orcid.org/0000-0001-7591-7989>
- Unger J.  <https://orcid.org/0000-0002-0637-0091>