

A VÁROSI FELSZÍNGEOMETRIA ÉS A HŐMÉRSÉKLET TERÜLETI ELOSZLÁSA KÖZÖTTI KAPCSOLAT SZEGEDEN⁸⁹

UNGER JÁNOS⁹⁰ – GÁL TAMÁS – BALÁZS BERNADETT –
SÜMEGHY ZOLTÁN

CONNECTION BETWEEN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF URBAN SURFACE GEOMETRY AND TEMPERATURE IN SZEGED

Abstract: In this study, first, a software-based method of sky view factor estimation from a 3D building database is developed and applied. Second, the related investigations in Szeged and the importance of obtained results compared to the previous studies are discussed. Previous investigations were limited to only specific parts or only some urban canyons and used low amount of sites and occasions of measurements. Our study utilizes a large number of areal means of sky view factor and air temperature related to a large sample area in the city and based on numerous measurements. According to the results, there is a strong relationship in the intra-urban variations of these variables. Therefore, investigations of sufficient number of appropriate-sized areas, covering large parts of a city, are needed to draw well-established conclusions on the studied relationship.

BEVEZETÉS

Települési környezetben a megváltozott felszínborítottság jelentősen befolyásolja a terület energia- és vízegyenlegét, ami lokális léptékű klímamódosuláshoz vezet. A változások közül a városok hőmérsékleti többlete a leginkább észrevehető jelenség (pl. *Kuttler, W.* 2005). A kialakuló *városi hősziget* (urban heat island – *UHI* vagy ΔT) három szintben lehet megfigyelni és elkülöníteni: a felszínen (pl. *Dezső, Zs. et al.* 2005), a jelen tanulmányban is vizsgált felszínközeli (házak közötti) néhány méteres légrétegben (pl. *Unger, J.* 1996) és a városi tetőszint feletti légterben (pl. *Rotach, M. W. et al.* 2005).

Az éjszakai hősziget elsősorban a városi felszínnek a külterülettől eltérő hosszuhullámú kisugárzása miatt alakul ki. A nappal eltárolt hőmennyiség a tagolt felszíngeometria miatt csak korlátozottan tud a sugárzás révén eltávozni, mert annak egy része az égbolt helyett az épületek falában nyelődik el és részben onnan visszasugárzódik a felszín felé. A felszín tagoltságának a számszerűsítésére az *égboltláthatósági index (sky view factor – SVF)* az egyik legmegfelelőbb paraméter (*Oke, T. R.* 1988). E paraméter fizikai megfontolásokból származtatható, részletesebb kifejtését a következő fejezet tartalmazza.

⁸⁹ A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (T/049573) támogatta.

⁹⁰ Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék. 6722 Szeged, Egyetem u. 2.
E-mail: unger@geo.u-szeged.hu

Célunk egy olyan eljárás kidolgozása, amelynek révén számszerűsíthető a városi felszíngeometria egy 3D-s épület-adatbázis alapján. Így lehetővé válik, hogy az összetett városi felszín szerkezete teljes egészében feltérképezhető legyen időigényes terepi mérések nélkül. További célunk, hogy az új eljárással kapott eredmények segítségével elemezzük a városi hősziget és a városi geometria kapcsolatát Szegeden, és az eredményeket összevessük a korábbi kutatások eredményeivel.

AZ SVF MEGKÖZELÍTÉSE, ÉRTÉKÉNEK SZÁMÍTÁSA

Azt, hogy egy adott felületről kisugárzott energiamennyiség mekkora része nyelődik el egy másik felület által, a *láthatósági index* (*view factor* – *VF*) fejezi ki (Oke, T. R. 1987). Ez egy dimenzió nélküli mennyiség, minimális értéke 0, maximális értéke pedig 1 lehet (ekkor az összes kisugárzott energia elnyelődik). A *VF* értékek összege az adott, 1-es sorszámmal jelölt felületről „látható” összes felületre nézve (beleértve az égboltot is) természetesen 1 lesz, azaz:

$$VF_{2-1} + VF_{3-1} + \dots + VF_{n-1} = 1$$

Tekintsük a felszín egy pontját és tegyük fel, hogy ez a pont a hosszúhullámú tartományban sugárzást bocsát ki. A pontból kiinduló sugárzás egy része a pont körüli felületeken elnyelődik (épületek, növényzet, stb.), a maradék része viszont a szabad égbolt irányába távozik. Azt az arányt, amely megadja, hogy a felszín egy pontjából származó sugárzás mekkora része nem nyelődik el a pontot körülvevő felületek által, *égboltláthatósági indexnek* (*SVF*) nevezzük. Értéke kiszámítható, ha az 1 értékből levonjuk az összes, a földfelszíni pontból „látható” felületekre számított *VF*-t.

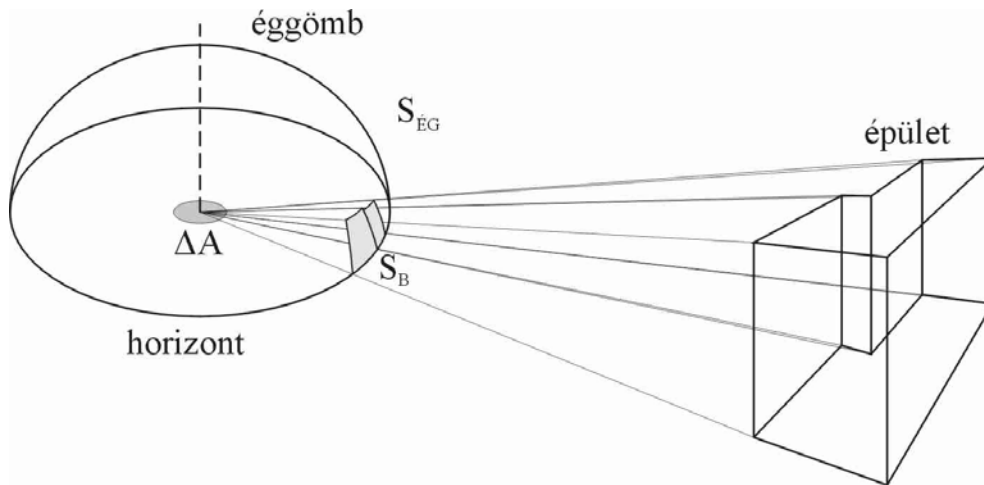
Városi felszín esetében az épületek befolyásolják leginkább az *SVF* értékét. Az adott – végtelen kicsinek tekintett – felületelemből (ΔA) nézve az égboltnak egy épület által eltakart részét úgy kapjuk meg, hogy az épületet vetítősugarakkal leképezzük az éggömböt reprezentáló félgömbre (1. ábra). Tehát egy tetszőleges fal képe főkörív szakaszok által határolt gömbnégyszög lesz, így ezek összessége adja meg az épületek vetületét az éggömbön.

Az éggömbön keletkezett S_B -vel jelölt rész azt mutatja, hogy milyen részt takar ki az épület a ΔA -ra vonatkoztatva az égboltból, azaz milyen alakúnak „látszik” az épület az adott földfelszíni pontból. Ebben az esetben tehát az égboltláthatósági index nem más, mint:

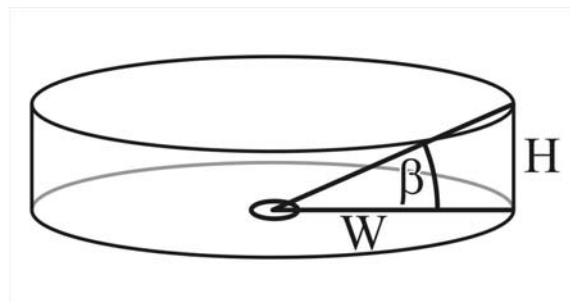
$$SVF = 1 - VF_{\text{épület}-\Delta A} = 1 - VF_{S_B-\Delta A}$$

Néhány leegyszerűsített geometriai elrendezés esetében viszonylag egyszerű feladat meghatározni az *SVF* értékét. A 2. ábra a teljesen zárt medence esetét szemlélteti, melynek függőleges kiterjedése H , falának a középponttól való távolsága W , a fal tetejéhez mutató emelkedési szög pedig β . A későbbiekben az erre vonatkozó *SVF* értéket használjuk majd fel a kifejlesztett algoritmusban (Oke, T. R. 1987):

$$SVF_{\text{medence}} = \cos^2 \beta \quad (1)$$



1. ábra Egy adott épület leképezése (S_B) a ΔA középpontú félgömbre a ΔA -ból „nézve”
 Figure 1 Projection of a building (S_B) 'seen' from a surface element (ΔA)
 on a hemisphere centred on ΔA



2. ábra Az egyszerűsített medence jellemző paraméterei (a jelek magyarázata a szövegben)
 Figure 2 Geometrical arrangements of the basin (see explanation of the symbols in the text)

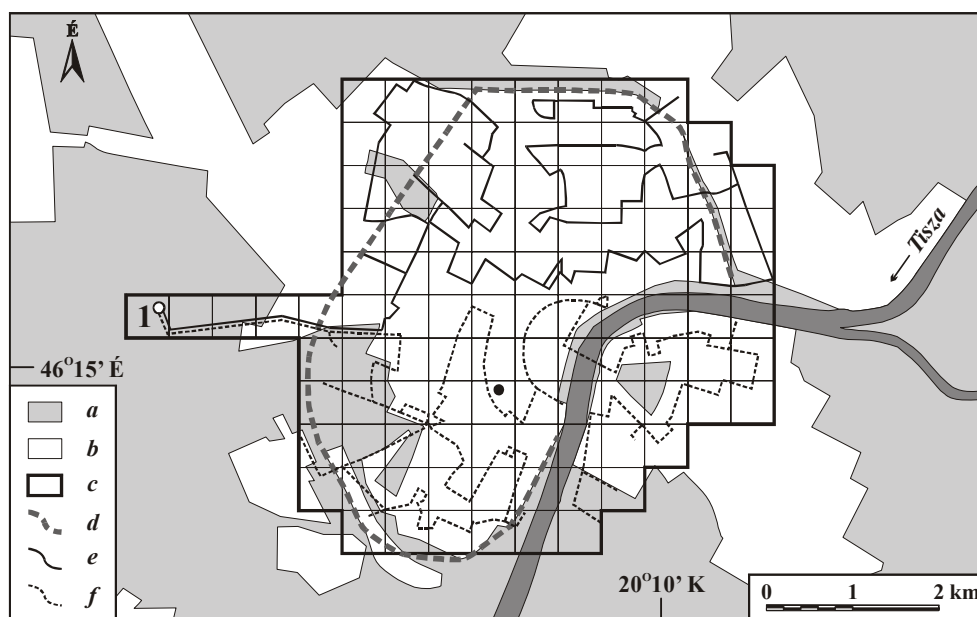
Az SVF városi környezetben történő becslésére, ill. kiszámítására irányuló módszereket az alábbi módokon lehet csoportosítani, kiemelve a módszerek lényegét, a megközelítés módját:

- méretarányosan kicsinyített modell (**Oke, T. R.** 1981),
- analitikus módszer (terepi felmérés – távolság és szögmérés, H/W arány), grafikus becslés (pl. **Johnson, G. T. – Watson, J. G.** 1984, **Bottyán Zs. – Unger J.** 2003),
- halszem-optikával készült fotó manuális és szoftveres kiértékelése (pl. **Steyn, D. G.** 1980, **Grimmond, C. S. B. et al.** 2001, **Blankenstein, S. – Kuttler, W.** 2004),
- GPS vevő jeleinek kiértékelése (pl. **Chapman, L. – Thornes, J. E.** 2004),
- geometriai attribútumokat leíró adatbázis (3D) elemzése számítógépes algoritmusokkal (pl. **Brown, M. J. et al.** 2001, **Souza, L. C. L. et al.** 2003).

A VIZSGÁLT TERÜLET (SZEGED), ADATBÁZIS

Hőmérséklet mérések

Szegeden a jelentősen beépített területek nagyrészt az árvízvédelmi körtöltéseken belüli területen találhatóak. Ezért a vizsgált terület, melyet 107 db 500 m oldalhosszúságú cellára osztottunk fel, lefedi a város belvárosi, elővárosi övezeteit, valamint egy helyen ki is nyúlik négy cella hosszúságban Ny-i irányba (3. ábra), referencia-területként szolgálva a hőmérsékleti különbségek kiszámításakor.



3. ábra A vizsgált terület elhelyezkedése és felosztása 0,5x0,5 km-es gridcellákra;
 (a) szabad terület, (b) városi terület, (c) mért terület határa, (d) körtöltés,
 (e) északi és (f) déli mérési útvonal

Figure 3 Location and division into 0.5x0.5 km grid cells of the study area;
 (a) open area, (b) urban area, (c) border of the study area, (d) circle dike,
 (e) northern and (f) southern measurement routes

A hősziget vizsgálatához szükséges adatokat meghatározott útvonalon haladó mérőautók segítségével gyűjtöttük 2002. április és 2003. március között (3. ábra). A ΔT területi eloszlásáról a kellő számú, reprezentatív mintát a mérési sorozatban végrehajtott 35 mérés biztosítja, melyek kiterjedtek – az esőt kivéve – minden időjárási helyzetre. Az adatgyűjtést úgy időzítettük, hogy az UHI maximális kifejlődésének várható időpontja körüli időszakra essen. A vizsgált területet a mérete miatt két szektorra osztottuk és a kijelölt útvonalakat mindegyik cellát érintettek legalább egyszer az oda és a visszaúton is. A ΔT -t a következőképpen értelmezzük (3. ábra):

$$\Delta T = T_{\text{cella}} - T_{\text{cella}(1)}$$

ahol T_{cella} = az aktuális városi cella, míg $T_{cella(1)}$ = a legnyugatibb, vidékinek tekintett cella átlagos hőmérséklete. A ΔT maximális értéke $5,7^{\circ}\text{C}$ volt az év folyamán (Unger, J. 2004).

Háromdimenziós épület-adatbázis

Az adatbázis felépítése térinformatikai szoftverekkel és eljárásokkal történt. A magassági adatok mérését a digitális fotogrammetria eszköztára tette lehetővé. A kiértékelés különböző lépéseire több adatforrást is felhasználtunk:

- Raszteres alap: A Szeged várost lefedő 1992-es légifelvételek eredeti negatívjait, melyek kb. 60%-osan fedik egymást, szkennelvel digitalizáltuk 14 mikron felbontásban.
- Vektoros alap: Az épületek alaprajza DXF formátumban áll rendelkezésünkre. A vektoros állomány középhibája 10 cm, tehát geodéziai pontosságúnak tekinthető. Az állomány konvertálása után erre illesztettük rá a teljes vizsgált terület cella-hálóját.
- Térképek: A Szeged területéről rendelkezésre álló 1:10.000 méretarányú EOTR térképszelvényeket használtuk fel. A térképek szintvonalait digitalizálva állítottuk elő a Digitális Domborzatmodellt (DDM), amely a tereptárgyak nélküli lecsupaszított földfelületet jelenti.

Az OrthoBASE modulval végeztük el a légifotók tájékozását és összeillesztését egy olyan rendszerbe, amiből a magassági adatok mérhetővé válnak. A 3D-s mérés az elkészített sztereó képpárokon az ERDAS IMAGINE Stereo Analyst moduljával történt, lebegő kurzor segítségével, amely x , y és z irányban mozgatható. Így a mérőjelek egyszerre láthatóak térben, valamint külön-külön is a sztereopárokhoz tartozó képeken is. Ezt követően a szoftver a x -parallaxis alapján kiszámítja a pont x , y és z koordinátáit. Az épületek adatait az attribútum táblázat tartalmazza külön-külön oszlopokban.

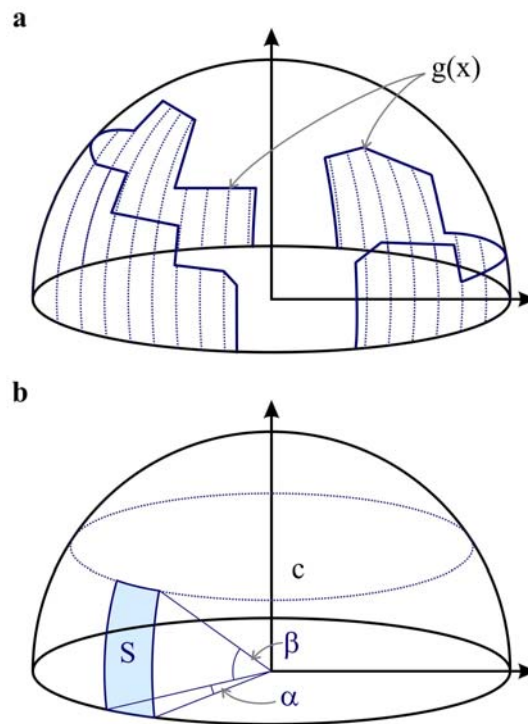
Az adatok rögzítése közben a könnyebb tájékozódás érdekében az épület-alaprajzok alá az IMG formátumú ortofotókat helyeztünk, amiket a több lépcsős munkafolyamatból álló ortokorrekció eredményeként kaptunk meg. Ezek a képeken a földfelszíni objektumok már a síkrajzi helyükön találhatóak. Mind a vektoros, mind a raszteres adatok EOVS koordinátákkal rendelkeznek, így ezek pontosan átfedik egymást.

ALGORITMUS AZ SVF SZÁMÍTÁSÁHOZ

A továbbiakban, leegyszerűsítve, városi felszínen szigorúan csak a legjellemzőbb városi objektumok, az épületek együttesének felszínét értjük. A 2. fejezetben leírtak szerint az egyes épületeknek az égboltra vetülő képét kezelhetjük az öt alkotó, az adott felszíni (AA) felületelemből látható falainak a vetületével (1. ábra).

Az SVF számítás algoritmizálása egyszerűsített városi felszín esetében

Az alkalmazott eljárás hasonló a közelítő integrálás módszeréhez, gyakorlatilag annak átültetése félgömb esetére. A $g(x)$ poligon a látható égbolt határa, az alatta lévő területen az égbolt már takart az épületek miatt (4a. ábra). Felosztjuk a félgömböt α szögenként félgömbcikkre, majd berajzoljuk a „téglalapokat” úgy, hogy azok magassága egyenlő legyen a $g(x)$ -nek az intervallum felezőpontjában felvett értékével. A kapott felületelemek VF értékei összegének felhasználásával közelítjük a $g(x)$ görbéhez tartozó SVF -et.



4. ábra (a) A látható égbolt határa ($g(x)$ görbe) alatti terület egyenletes felosztása szeletekre (egy szelet magassága egyenlő a $g(x)$ által a felezőpontban felvett értékkel),

(b) a medence egy α szélességű és β magasságú szelete (S)

Figure 4 (a) Polygon $g(x)$ as a border of the visible sky and dividing the hemisphere under $g(x)$ equally into slices by angle α (heights are equal to the $g(x)$ values in the middle points of the intervals), (b) a slice of a 'width' of α (S) of a basin with an elevation angle β

A medencéhez tartozó (1) egyenlet szerint a β látószögű medence égboltlátóhatósági indexe $\cos^2\beta$, így magának a medencének a láthatósági indexe $1 - \cos^2\beta = \sin^2\beta$, tehát egy α „szélességű” darabjára (S) ennek az $\alpha/360$ szorosa (4b. ábra). Ezt kell összegezni a cikkekre, majd az értéket 1-ből kivonni, hogy az SVF értékét megkapjuk. Az eljárás pontosságát nagyban befolyásolja az α értékének választása.

Minél kisebb ez a szög, annál jobb a becslés, de ekkor jelentősen megnövekedhet a számítási igény.

Egy adott pontra vonatkozó *SVF* meghatározását a következőképpen végzi el az algoritmus. Adott α szögenként egyeneseket rajzol a pontból. Megkeresi az adott irányba eső azon épületet, amely a legnagyobb mértékben takarja ki az égboltot, és megállapítja a hozzá tartozó β szöget. A felhasználó dönteni el, hogy a ponttól milyen távolsáig vegye figyelembe az algoritmus az épületeket. Kiszámítja az *S* értékeket, majd ezeknek az összegét 1-ből levonva, megkapja az *SVF* értéket.

Magas fokú programozhatósága miatt kézenfekvő volt az ESRI által kiadott ArcView szoftvercsalád 3.2-es verziójának használata a probléma megoldásához (www.esri.com), amit **Souza, L. C. L. és munkatársai** (2003) által tárgyalt hasonló algoritmus is alátámaszt. Az ArcView 3.2 saját beépített – objektumorientált – *szkript*-nyelvvvel rendelkezik, amellyel a szoftver teljes egészében programozható, azaz bármely eleméhez hozzáférhetünk általa. Az elkészített algoritmus összesen 9 *szkript*ből épül fel. Mindegyik *szkript* egy részfeladat végrehajtásáért felelős (grafikus felület, paraméterek ellenőrzése, *SVF* számítás, stb.).

Az algoritmus ellenőrzése, tesztfuttatás

Az algoritmus ellenőrzése során először halszem-optikával felszerelt digitális kamerával képeket készítettünk a város számos, beépítettség szempontjából jellegzetes pontján. Ezeket a fényképeket összevetettük az algoritmus által a 3D-s épületadatokból generált, az adott pontok 180°-os térbeli környezetét bemutató vetületekkel. Az 5. ábra bemutat néhány ilyen összehasonlítást, amelyek szerint az épületek körvonalait tekintve igen jó az egyezés a helyszínek körüli „valóságos” és a „virtuális” környezet között. Természetesen a növényzetet az algoritmus nem vette figyelembe.



5. ábra Halszem-optikával készült és az algoritmus által generált (fehér vonal) 180°-os térbeli környezet három kiválasztott városi helyszín körül Szegeden (Nikon Coolpix 4500 digitális kamera FC-E8 halszemoptikával)

Figure 5 Comparison of the 180°-environments around the selected urban spots in Szeged made by fisheye lens and generated by the algorithm (white lines) (NIKON Coolpix 4500 camera with FC-E8 fisheye lens)

Az ellenőrzés második lépését két speciális *SVF* érték kiszámolásával valósítottuk meg. Először egy medencét reprezentáló poligonon futtattuk le az algoritmust, a poligon magasságát véletlenszerűen megválasztva. A számított és a program által adott érték közötti különbség 0,4% volt, ami abból származik, hogy a pontot nem sikerült tökéletesen a medence középpontjába helyezni. Egy végtelen kanyont két véges hosszúságú poligonon helyettesítve, a kapott érték 0,01%-os pontosságú volt.

Az előzőeket figyelembe véve, az eljárás alkalmasnak tűnik a megfelelő pontosságú *SVF* értékek kiszámítására. Ezek az értékek az igényeknek megfelelő sűrűségben állíthatók elő, kiváltva ezzel az idő- és költségigényes terepi mérést vagy fényképelemzést.

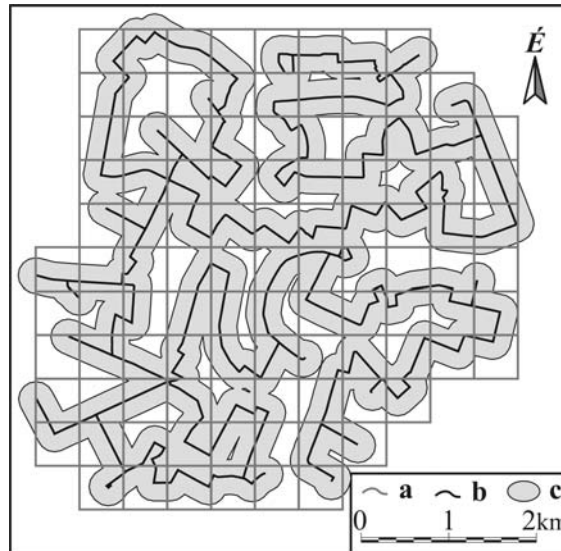
A LÉGHŐMÉRSÉKLET ÉS AZ SVF KAPCSOLATA VÁROSI KÖRNYEZETBEN

A vonatkozó fontosabb irodalmat áttekintve, a kapott eredmények meglehetősen ellentmondásosak abban a tekintetben, hogy a városi geometria (*SVF*) változása mennyire és milyen mértékben befolyásolja a léghőmérséklet (*T*), illetve a hősziget (ΔT) eloszlását a városi területen belül. Az ellentmondások részben abból adódhatnak, hogy ezek a korábbi vizsgálatok csak a város(ok) kisebb részterületeire korlátozódtak (pl. *Park, H-S.* 1987, *Eliasson, I.* 1996), néhány alkalommal elvégzett és gyakran kis számú mérőpontra vonatkozó mérésekre támaszkodtak (pl. *Park, H-S.* 1987, *Goh, K. C. – Chang, C. H.* 1999). Ezért az összehasonlítások kevés számú, a hőmérséklet és az *SVF* szempontjából nem feltétlenül reprezentatív elempárokon alapultak, amelyek értékei mindig egy-egy adott pontra vonatkoztak (pl. *Johnson, D. B.* 1985, *Upmanis, H. et al.* 1998, *Svensson, S.* 2004).

Ez alól csak *Blankenstein, S. – Kuttler, W.* (2004) munkája jelent a probléma megközelítése szempontjából kivételt, akik a Krefeld városában 7 alkalommal végzett mobil mérés eredményeit dolgozták fel. Hasonló eljárást alkalmaztak az *Unger J.* (2004) munkájában tárgyaltaéhoz, ugyanis a szakaszokra osztott mérési útvonal mentén mért ΔT és *SVF* értékeket szakaszonként átlagolták és utána hasonlították őket össze. Gyenge korrelációt sikerült csak kimutatni a két változó között, ami részben az egyenetlen topográfia következtében fellépő hideg beáramlásoknak tulajdonítható, amelyek módosítják a beépített területek hatására kialakuló hőmérsékleti mezőt.

Szegeden a mérési pontok elhelyezése – a megfelelő reprezentativitás érdekében – 20 méterenként történt a teljes útvonal mentén. Az egyes pontok magasságértékeit az épületmagasságok meghatározásánál használt szoftverrel mértük le. Az összes pont (1022) esetében 200 méter sugarú volt a letapogatott terület, a forgatási szög pedig 1 fokos. A 6. ábra mutatja a mérési útvonal mentén figyelembe vett területet, amelynek épületeit felhasználtuk az *SVF* számításához. A felhasznált

sávok nagyrészt a gridhálózaton belül vannak, csak a peremeknél kell – az útvonal futásától függően – kívül eső épületeket is bevonni.

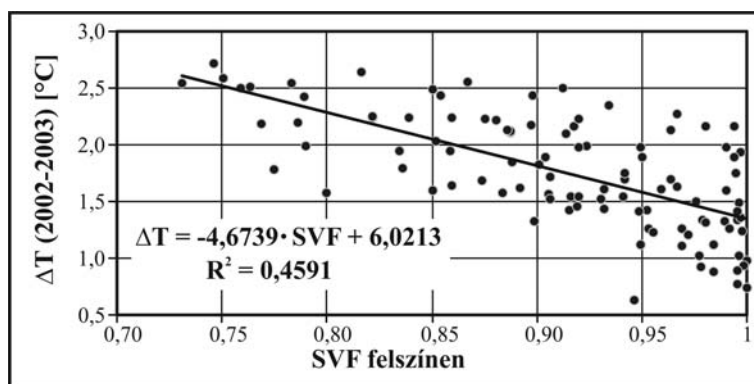


6. ábra Az *SVF* számításánál figyelembe vett terület (a – az eredeti vizsgálati terület hálózata, b – mérési útvonal, c – az *SVF* számításánál figyelembe vett terület)
Figure 6 The area used for the *SVF* calculation (a – network of the original study area, b – measurement route, c – area used for the *SVF* calculation)

A hősziget értékek átlagát egy évre és évszakosan is kiszámoltuk, megkülönböztetve a „lombtalan” (október-március) és „lombos” (március-október) periódusokat, amelyek nagyjából megfelelnek a fűtési és a nem-fűtési időszakoknak. A megkülönböztetés azon alapult, hogy mivel az *SVF* értékek számításához csak az épületek adatait használtuk, ezért feltehetően a kapott cellaátlagok a „lombtalan” periódusban jobban közelítik a valós körülményekre vonatkozó „igazi” *SVF* értékeket. Tehát a kiinduló adatok, mint cellánkénti átlagértékek, a következők voltak: *SVF* a független változó és az *UHI* intenzitás a függő változó (éves – $\Delta T_{év}$, „lombos” szezon – ΔT_{lombos} , „lombtalan” szezon – $\Delta T_{lombtalan}$).

Természetesen a cellánkénti *SVF* átlagok mindhárom esetben ugyanazok, hiszen a felszíni elemek az egy éves mérési periódus során gyakorlatilag változatlanak tekinthetők. Az *SVF* átlagok ingadozása a belváros és a külterület cellák között 0,73-1,00 intervallum között volt.

Az egy éves periódusban a $\Delta T_{év}$ értéke 0,74-2,72°C között változott, a legnagyobb értékek a város belső részein jelentkeztek. A 7. ábra szerint erős lineáris kapcsolat mutatható ki az *SVF* és a $\Delta T_{év}$ területen belüli változása között. A kapott statisztikai mérőszámok alapján (1. táblázat) az *SVF* változása 45,9%-ban magyarázza meg a hőmérséklet városon belüli variációját ($R^2 = 0,459$). A megfelelő $R = -0,678$ érték szoros negatív kapcsolatra utal 1%-os szignifikancia szinten ($n = 103$).



7. ábra Az éves átlagos UHI intenzitás változása az SVF függvényében (az értékek cellákra vonatkozó átlagok) (n = 103)

Figure 7 Annual mean UHI intensity as a function of SVF (the values are cell means) (n = 103)

A „lombtalan” és a „lombos” periódusokban az átlagos ΔT értéke 0,85-2,63°C és 0,64-2,79°C között ingadozott. A két szezonban végzett vizsgálat összehasonlítása azt mutatja, hogy a várakozásnak megfelelően a kapcsolat szorosabb a hidegebb évszakban, de a különbség nem túl nagy. A számított regressziós egyenletek egyenleteit és jellemzőszámaikat az 1. táblázat tartalmazza. Természetesen az összefüggések csak a vizsgált paraméterek értékhatárai között érvényesek.

1. táblázat Az UHI intenzitás (ΔT) és az égboltláthatóság (SVF) közötti kapcsolat a három vizsgált periódusban, valamint a kapcsolódó jellemzőszámok (n = 103)

Table 1 Connection between the annual mean UHI intensity and SVF in the three studied periods and the statistical characteristics (n = 103)

Időszak	Regressziós egyenlet	R	R ²	Szignifikancia szint
Év	$\Delta T_{\text{év}} = -4,6739 \cdot SVF + 6,0213$	-0,6776	0,4591	1%
„lombtalan” szezon	$\Delta T_{\text{lombtalan}} = -4,907 \cdot SVF + 6,1505$	-0,6804	0,4629	1%
„lombos” szezon	$\Delta T_{\text{lombos}} = -4,4537 \cdot SVF + 5,8994$	-0,6548	0,4288	1%

A korrelációs együtthatók (R = -0,680 a lombtalan, R = -0,655 a lombos) értékei szoros negatív kapcsolatot jeleznek, de ez mindössze 3,4%-os szezonális különbséget jelent a ΔT varianciájának magyarázatában. Ezek a különbségek az SVF számítási algoritmusból adódnak, amely csak az épületeket veszi figyelembe. Mindazonáltal, az eltérések kis %-os értékei a nyári vegetáció viszonylag csekély hatására utalnak az SVF szezonális változásában.

Első megközelítésben az lett volna várható, hogy a melegebb időszakban a fák lombzatával kiegészített épületek jobban csökkentik a felszínnek az égbolt irányába történő hosszuhullámú sugárzási veszteségét az éjszaka folyamán, ezzel a lehülés mértékének csökkenését és a városi környezet melegebb voltát eredményezve. Azonban ezt ellentételezheti az, hogy a nappal folyamán a lombkorona mi-

att kisebb a szoláris energia bevétel, így kisebb a felszíni hőtárolás mennyisége és ezzel az éjszakai kisugárzás erőssége is. Ezért a vizsgálatunk jelenlegi fázisában azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a mérési útvonalak mentén a hősziget erősségére a fák égboltot korlátozó addíciós hatása elenyésző az épületek hatásához képest.

KÖVETKEZTETÉSEK

A városi felszín geometriájának elemzésére készítettünk egy algoritmust, amely vektoros állományon – a sugárkövetés elvét felhasználva – képes a szükséges paraméter (*SVF*) meghatározására. Az algoritmust az ArcView 3.2 szoftveren implementáltuk úgy, hogy a felhasználó által paraméterezhető legyen, majd a Szeged város épített felszínét leíró 3D-s épület-adatbázis modellen futtattuk.

A felszíngeometria termikus hatására irányuló vizsgálatunk az *SVF* és a városi hősziget (*UHI*) szoros kapcsolatára utal. Módszerünk a megközelítése szempontjából is előrelépést jelent, elsősorban amiatt, hogy mindkét változó esetében egy nem túl nagy területre (egy cella) vonatkozó átlagértékeket vetettünk össze. Mint ahogy említettük, a korábbi vizsgálatok gyakran kevés számú elempáron alapultak, amelyek értékei mindig egy-egy adott pontra vonatkoztak, másrészt csak a város(ok) kisebb részterületeire korlátozódtak és néhány alkalommal elvégzett mérésekre támaszkodtak. Ezzel szemben vizsgálataink során nagy kiterjedésű városi területeket vettünk számításba, viszonylag nagy számú elempárt alkalmaztunk, melyeknek értékei számos alkalommal elvégzett méréseken alapultak. A megfelelő – nem túl nagy, nem túl kicsi – méretűre választott területekre (egy-egy cellára) vonatkozó átlagos *SVF* és *UHI* értékeiben tulajdonképpen összegződnek az adott területek felszíngeometriájának sajátosságai és mikroklimatikus folyamatainak termikus eredményei. Így e mérőszámok megfelelően reprezentálják a kiválasztott kisléptékű körzet vizsgált változóit.

IRODALOM

- Blankenstein, S. – Kuttler, W.** 2004. Impact of street geometry on downward longwave radiation and air temperature in an urban environment. *Meteorologische Zeitschrift* 15. pp. 373-379.
- Bottyán, Zs. – Unger, J.** 2003. A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology* 75. pp. 233-243.
- Brown, M. J. – Grimmond, C. S. B. – Ratti, C.** 2001. Comparison of methodologies for computing sky view factor in urban environment. Internal Report Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, LA-UR-01-4107. p. 6.
- Chapman, L. – Thornes, J. E.** 2004. Real-time sky-view factor calculation and approximation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 21. pp. 730-741.
- Dezső, Zs. – Bartholy, J. – Pongrácz, R.** 2005. Satellite-based analysis of the urban heat island effect. *Időjárás* 109. pp. 217-232.
- Eliasson, I.** 1996. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. *Atmospheric Environment* 30. pp. 379-392.

- Goh, K. C. – Chang, C. H.** 1999. The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore. *International Journal of Climatology* 19. pp. 1011-1023.
- Grimmond, C. S. B. – Potter, S. K. – Zutter, H. N. – Souch, C.** 2001. Rapid methods to estimate sky-view factors applied to urban areas. *International Journal of Climatology* 21. pp. 903-913.
- Johnson, D. B.** 1985. Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham. *Journal of Climatology* 5. pp. 221-225.
- Johnson, G. T. – Watson, J. D.** 1984. The determination of view-factors in urban canyons. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 23. pp. 329-335.
- Kuttler, W.** 2005. Stadtklima. In: **Hupfer, P. – Kuttler, W.** (eds.). *Witterung und Klima*. Teubner, Stuttgart–Leipzig–Wiesbaden. pp. 371-432.
- Oke, T. R.** 1981. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology* 1. pp. 237-254.
- Oke, T. R.** 1987. *Boundary layer climates*. Routledge, London–New York. 405. p.
- Oke, T. R.** 1988. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* 11. pp. 103-113.
- Park, H-S.** 1987. Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments. *Environmental Research Center Papers* 11. The University of Tsukuba, Ibaraki, Japan. 79 p.
- Rotach, M. W. – Vogt, R. – Bernhofer, C. – Batchvarova, E. – Christen, A. – Clappier, A. – Feddersen, B. – Gryning, S-E. – Martucci, G. – Mayer, H. – Mitev, V. – Oke, T. R. – Parlow, E. – Richner, H. – Roth, M. – Roulet, Y-A. – Ruffieux, D. – Salmond, J. A. – Schatzmann, M. – Voogt, J. A.** 2005. BUBBLE – An Urban Boundary Layer Meteorology Project. *Theoretical and Applied Climatology* 81. pp. 231-261.
- Souza, L. C. L. – Rodrigues, D. S. – Mendes, J. F. G.** 2003. The 3DSkyView extension: an urban geometry access tool in a geographical information system. In: **Klysiak, K. – Oke, T. R. – Fortuniak, K. – Grimmond, C. S. B. – Wibig, J.** (eds.). *Proceed. Fifth Int. Conf. on Urban Climate* Vol. 2. University of Lodz, Lodz, Poland. pp. 413-416.
- Steyn, D. G.** 1980. The calculation of view factors from fisheye-lens photographs. *Atmosphere-Ocean* 18. pp. 254-258.
- Svensson, M.** 2004. Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences. *Meteorological Applications* 11. pp. 201-211.
- Unger, J.** 1996. Heat island intensity with different meteorological conditions in a medium-sized town: Szeged, Hungary. *Theoretical and Applied Climatology* 54. pp. 147-151.
- Unger, J.** 2004. Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. *Climate Research* 27. pp. 253-264.
- Upmanis, H. – Eliasson, I. – Lindquist, S.** 1998. The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology* 18. pp. 681-700.

www.esri.com