

A VÁROSI FELSZÍN ÉS A HŐSZIGET KAPCSOLATA SZEGEDEN

2. rész: A felszíngeometria és a hőmérséklet-eloszlás kapcsolata

1. Bevezetés

A cikk 1. része a Léggör folyóirat előző számában jelent meg, melyben bemutattunk egy olyan eljárást, amely képes megoldani a városi geometria jellemzését és számszerűsítését egy 3D-s épület-adatbázis alapján. Így lehetővé vált, hogy az összetett városi felszín szerkezete teljes egészében feltérképezhető legyen időigényes terepi mérések nélkül. A jelenlegi cikk célja, hogy az új eljárással kapott eredmények segítségével elemezzük a felszínközeli légtérben kialakuló városi hősziget (urban heat island – UHI) és a városi geometria kapcsolatát Szegeden (a város területének egyharmadát lefedő mintaterületen), valamint, hogy az eredményeket összevegyük a korábbi kutatásokból származó terepi mérések eredményével. Végezetül bemutunk még egy további alkalmazási lehetőséget is.

A város felszíni tagoltságnak a jellemzésére az égboltláthatósági index (sky view factor – SVF) egy megfelelő mérőszám. E paraméter fizikai megfontolásból származtatható, részletesebb kifejtését a cikk 1. része tartalmazza (Unger *et al.* 2006).

2. A léghőmérséklet és az SVF kapcsolata városi környezetben (irodalmi áttekintés)

Röviden áttekintjük a felszínközeli léghőmérséklet (T) és az UHI (ΔT), valamint az SVF kapcsolatára vonatkozó, rendelkezésünkre álló irodalmat. Ez azért szükséges, hogy láthassuk, milyen kapcsolatot lehet feltárni, illetve következtetéseket lehet levonni az algoritmus által számított égboltláthatóság mértéke, valamint a városi hősziget között. Mennyire szoros a kapcsolat a léghőmérséklet és az SVF értéke között?

2.1. Külföldi eredmények

Oke (1981) UHI maximális értékét vizsgálta az SVF függvényében. Főképpen európai és amerikai városokból származó adatokkal dolgozott, az SVF értékek az egyes városok leginkább beépített központi területére vonatkoztak (földfelszíni és légi fotókról történő kiértékelés alapján). A két változó között a következő empirikus összefüggést kapta 31 elempár ($n = 31$) felhasználásával:

$$\Delta T_{\max} = 7,1 - 13,88 \cdot \text{SVF}$$

Johnson (1985) szoros kapcsolatot állapított meg az angliai Birmingham város nyár éjszakai léghőmérsékletének maximális hűlési gradiense és az SVF értéke között. Az SVF értékeket 27, egymástól körülbelül azonos távolságra lévő helyen terepi méréssel határozta meg, a léghő-

mérésleti értékek 8 mobil mérésből származtak. A két változó közötti lineáris korrelációs együttható értéke $-0,83$ ($n = 27$).

Bärring *et al.* (1985) a svédországi Malmöben mobil mérésekkel, valamint két állomás termográfával végzett észleléseiből kapott léghőmérsékletet vizsgálták és megállapításuk szerint a léghőmérséklet nem korrelál szorosan az SVF értékekkel ($n = 75$).

Ennek ellenkezőjét állapította meg Yamashita *et al.* (1986) öt japán városban végrehajtott 1-1 mobil mérésorozat alapján. Bár konkrét korrelációs együttható értékeket is említenek, az nem derül ki pontosan, hogy hány elemet használtak a kapcsolat erősségének meghatározásához.

Park (1987) japán és koreai városok központi területeire vonatkozó átlagos SVF értékeket vetett össze mobil mérésekből számított UHI értékekkel, valamint felhasznált irodalmi forrásokat is más kontinensekre vonatkozóan. Az általa kapott szignifikáns összefüggések régióként:

japán városok:	$\Delta T = 10,15 - 12 \cdot \text{SVF}$	($n = 13$)
koreai városok:	$\Delta T = 12,23 - 14 \cdot \text{SVF}$	($n = 6$)
észak-amerikai városok:	$\Delta T = 16,34 - 15 \cdot \text{SVF}$	($n = 18$)
európai városok:	$\Delta T = 16,34 - 15 \cdot \text{SVF}$	($n = 11$)

Eliasson (1992) által a svédországi Göteborgban végrehajtott 1 mobil mérés alapján a léghőmérséklet és az SVF értékek között ($n = 17$) nem tudott kimutatni szignifikáns összefüggést.

Eliasson (1996) további vizsgálatai során a horizontális hőmérséklet eloszlást vizsgálta a Göteborgban különböző városi területhasználat esetében, 3 mobil méréssel végrehajtott adatgyűjtés segítségével. Ezen eredményei szerint sincs statisztikailag értékelhető összefüggés a léghőmérséklet és az SVF értékei ($n = 18$) között.

A göteborgi kutatásokat Upmanis *et al.* (1998) folytatták. Három városi parkban és azok beépített környezetében vizsgálták a léghőmérséklet változását telepített állomások és 16 mobil mérés segítségével. A város és park közötti hőmérséklet különbség és az SVF ($n = 42$) között nem mutatkozott szignifikáns kapcsolat, de a legnagyobb park esetében végzett részletesebb elemzések szerint a hűlési gradiens és az SVF ($n = 6$) között fellelhető az összefüggés.

Upmanis and Chen (1999) egy göteborgi parkban és beépített környezetében végeztek méréseket egy keresztmetszet mentén telepített állomásokkal. Az eredményeken elvégzett komponens analízis itt sem mutatott ki statisztikai kapcsolatot az SVF és a léghőmérséklet ($n = 14$) értékei között.

Upmanis (1999) részletes vizsgálatai a városon belüli változások közötti összefüggések feltárására irányultak,

különböző terülehasználati típusokra vonatkozó léghőmérséklet és SVF értékek felhasználásával, szintén Göteborgban. A több mobil mérésből származó adatokat évszakonként is külön elemezte és megállapította, hogy az SVF változásának nincsen igazán nagy hatása a városi léghőmérséklet változására, de azért esetenként kimutatható az összefüggés, pl.:

$$1994. \text{ február } 14\text{-én: } T = 3,6 - 1,8 \cdot \text{SVF} \quad (n = 8)$$

Santos *et al.* (2003) a braziliai Belo Horizonte egy körületében vizsgálták az SVF hatását a léghőmérsékletre. 3 mobil mérés alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a naplemente idejében viszonylag szoros a kapcsolat a két változó között:

$$T = 27,75 - 2,56 \cdot \text{SVF} \quad (n = 7)$$

Egy újabb cikk (Svensson, 2004) szerint – szintén Göteborg esetében – viszont már erősebb korreláció mutatható ki e két változó között. A hőmérsékleti adatok különböző típusú beépítettséggel rendelkező pontokon elhelyezett állomásokról (36 nap) és mobil mérésekből (2 alkalom) származtak. A statisztikai elemzés erős korrelációt mutat a léghőmérséklet és az SVF értékek között:

$$\text{állomások: } T = 6,35 - 7,48 \cdot \text{SVF} \quad (n = 16)$$

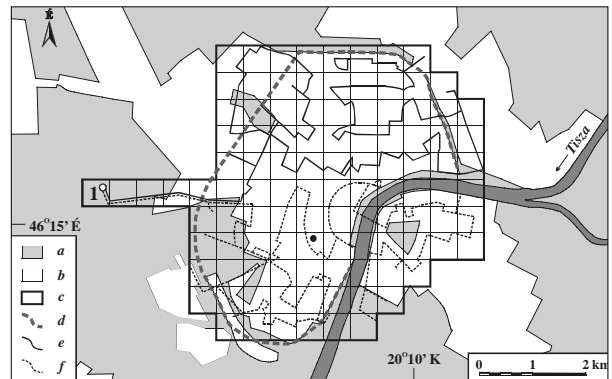
$$\text{mobil mérések: } T = 2,16 - 4,56 \cdot \text{SVF} \quad (n = 13)$$

A németországi Krefeld városában 7 alkalommal végzett mobil mérés eredményeit Blankenstein and Kuttler (2004) dolgozták fel. Hasonló eljárást alkalmaztak az Unger (2004) munkájában tárgyaltakéhoz (ld. 2.2. szakasz), 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, amit a szerzők részben az egyenetlen topográfia következtében fellépő hideg beáramlásoknak tulajdonítanak, amelyek módosítják a beépített területek hatására kialakuló hőmérsékleti mezőt.

Ahogy az eddigiekből is látszik, meglehetősen ellentmondásosak az eredmények abban a tekintetben, hogy a városi geometria (SVF) változása mennyire és milyen mértékben befolyásolja a léghőmérséklet (T), illetve a hősziget (ΔT) eloszlását, változását a városi környezetben. Az ellentmondások részben abból adódhatnak, hogy ezek a korábbi vizsgálatok csak a város(ok) kisebb részterületeire korlátozódtak, néhány alkalommal elvégzett és gyakran kis számú mérőpontra vonatkozó mérésekre támaszkodtak. Ezért az összehasonlítások kevés számú, a hőmérséklet és az SVF szempontjából nem feltétlenül reprezentatív elem párokon alapultak, amelyek értékei mindig egy-egy adott pontra vonatkoztak. Ez alól csak Blankenstein and Kuttler (2004) munkája jelent a probléma megközelítése szempontjából kivételt.

2.2. Az UHI és az SVF kapcsolata Szeged esetében

2.2.1. A vizsgált terület és a hőmérsékleti adatok gyűjtése
Ezekről részletesebben már többször is írtunk e lap hasábjain (Unger *et al.* 1999, Unger és Sümegehy 2001, Sümegehy és Unger 2004), ezért most csak tömören összefoglaljuk a téma megértéséhez szükséges alapvető ismérveket. Szegeden a jelentősen beépített területek nagyrészt az árvízvédelmi körtöltéseken belüli területen találhatóak. Ezért a vizsgált területet, mely 107 db 500 m oldalhosszúságú gridcellára osztottunk fel, lefedi a város belvárosi, elővárosi övezeteit, valamint egy helyen ki is nyúlik négy cella hosszúságban Ny-i irányba (1. ábra). Ez utóbbi – külterületi – cellák referenciaterületként szolgálnak a hőmérsékleti adatok gyűjtésekor.



1. 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

A hősziget vizsgálatához szükséges adatokat meghatározott útvonalon haladó mérőautók segítségével gyűjtöttük 2002. április és 2003. március között (1. ábra). A ΔT területi eloszlásáról a kellő számú, elegendően 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 előtt 1,5 órával kezdjük meg és utána 1,5 órával fejezzük be. A vizsgált terület mérete, illetve a mérési útvonalak hossza miatt a területet két szektorra kellett osztani. Az útvonalakat úgy kellett meghatározni, hogy mindegyik cellát érintsenek legalább egyszer az oda és a visszaúton is. A ΔT -t esetünkben a következőképpen értelmezzük (1. ábra):

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

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

2.2.2. Az SVF és az UHI cellánkénti átlagai közötti évszakos összefüggés

Az SVF közelítő értékeinek meghatározásához szükséges adatok a hőmérsékleti méréshez tartozó útvonalak mentén

teodolittal elvégzett mérésorozattól származnak (Bottyán and Unger 2003, Unger 2004). Összesen 532 pontban történt mérés, majd az egyes cellákhoz az ott meghatározott SVF értékek átlagát rendeltük hozzá, kivéve a legnyugatibb 4 cella esetében, ahol nem történt terepi mérés. Így a ΔT és az SVF esetében is a cellákra vonatkozó átlagokra irányult a kapcsolatkeresés, ami $n = 103$ elempárt jelent.

A hősziget értékek átlagát a teljes egy évre és évszakoosan is kiszámoltuk, megkülönböztetve a „lombtalan” (október 16. – március 15.) és „lombos” (március 16. – október 15.) 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.

A teljes évre és a féléves időszakokra a következő összefüggések vonatkoznak:

$$\Delta T_{\text{év}} = 5,9 - 4,62 \cdot \text{SVF} \quad (R = -0,69, R^2 = 0,476)$$

$$\Delta T_{\text{lombtalan}} = 5,99 - 4,81 \cdot \text{SVF} \quad (R = -0,695, R^2 = 0,483)$$

$$\Delta T_{\text{lombos}} = 5,81 - 4,44 \cdot \text{SVF} \quad (R = -0,665, R^2 = 0,442)$$

Ilyen elemszám mellett a regressziós egyenesekhez tartozó mindhárom korrelációs együttható (R) értéke erős kapcsolatot jelez az SVF értékek és az adott időszakra vonatkozó megfelelő ΔT mértéke között (1%-os szignifikancia szinten).

Azonban a növényzet két eltérő állapotát tükröző időszakokra vonatkozó R értékek között nincs túl nagy eltérés, de a várakozásunknak megfelelően a korreláció a téli félévben egy kicsivel erősebbnek bizonyult. A determinációs együtthatók (R^2) szerint a „lombtalan” félévben az SVF városon belüli változása mintegy 4%-kal jobban magyarázza a ΔT városon belüli varianciáját, mint a „lombos” félévben (Unger 2004).

3. A reprezentatív mintaterület kiválasztása

Az egész város épületeire vonatkozó geometriai felmérés igen sokáig tartott, hiszen az épületek száma a vizsgált teljes területen eléri a 22 ezret. Jelenleg az adatok ellenőrzése zajlik. Ezért a további elemzéshez a teljes terület egy kiválasztott részére vonatkozó 3D-s adatokat vesszük alapul és e kisebb – azonban kellően reprezentatív – mintaterületről származó épületadatok alapján próbálunk következtetést levonni a teljes területre.

3.1. A rétegzett mintázás

Rétegzett mintázás esetében a populációról (103 cella, a 4 külterületi cella nélkül) rendelkezésre álló elsődleges információkat használjuk csoportok, azaz rétegek kialakítására, majd a továbbiakban ezeket a csoportokat mintázzuk

egymástól függetlenül. Minden egyes mintázási egység vagy populációs elem pontosan egy rétegbe tartozik. Ha a réteget viszonylag homogénnek alakítjuk ki a becslésre kijelölt változó varianciájához képest, a rétegzett mintázásakor a populáció bármely paraméterét általában nagyobb pontossággal tudjuk megközelíteni, mint az egyszerű, véletlen mintázással (Gál et al. 2005, Unger 2006).

Az eljárásban a rétegeket még a minták allokációja előtt kell definiálni. Amennyiben a vizsgált területről rendelkezünk már térbeli eloszlást jellemző információval, akkor a réteg optimális definíciója az, hogy egyes rétegekben definiált populáció egységek legyenek olyan homogének, amennyire csak lehetséges az ún. „auxiliáris” változó alapján. A réteg kialakítására használt „auxiliáris” változó jelen esetben a beépítettség (épületek, utcák, járdák, parkolók, stb. felületének %-os aránya egy cellán belül) volt. Elméletileg korlátozó tényező lehet az, hogy a pontosság elsősorban az auxiliáris változó és a becslésre kijelölt tulajdonság korrelációjának erősségétől függ. Amennyiben az auxiliáris változó kapcsolata a becslésre kijelölt elemmel nem szignifikáns, a végső becslés pontossága nagymértékben csökkenhet.

Cohran (1963) javasol egy eljárást erre az optimalizációra akkor, ha az auxiliáris változó folytonos értékekből áll. Amennyiben a cél a populációs várható érték becslése, akkor hatnál nem több réteg definiálását javasolja és eljárásában a Dalenius és Hodges (1959) által kifejlesztett módszert használja az auxiliáris változó eloszlása alapján megadandó optimális küszöbérték meghatározására. E vizsgálat keretében így hat réteget definiáltunk, és a populációs elemek rétegekbe tartozását a Dalenius-Hodges módszer alapján döntöttük el. Az 1. táblázat tartalmazza a rétegekbe sorolás eredményét, vagyis hogy az egyes rétegekbe hány populációs elem (cella) esik, valamint a mintavétel hány elemet érintett csoportonként. Összességében 35 cella alkotja a mintaterületet.

1. táblázat

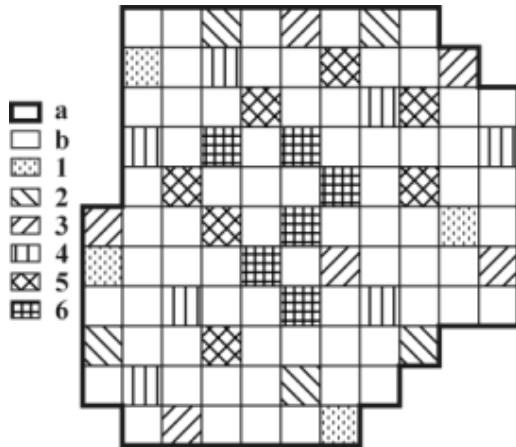
A rétegekben lévő egységek (cellák) száma és a mintázott egységek (cellák) száma

3.2. A területi elhelyezkedés szerinti kiválogatás

A következő feladat a rétegekből a megfelelő számú minta kiválasztása volt úgy, hogy a kiválasztott cellák területi elhelyezkedése minél reprezentatívabb legyen. A rétegzett mintázás már önmagában segíti ezt, hiszen az egyes rétegekből véletlenszerűen kiválasztott minták már eleve legalább

olyan jól – ha nem jobban – reprezentálják a teljes populációt, mint ha véletlenszerűen történe a cellák kiválasztása.

A rétegekből a megfelelő cellák kiválasztásánál első számú szempont volt, hogy a területen a lehető legegyszerűbben helyezkedjenek el. További szempont volt az is, hogy a város jelentős hőmérsékleti anomáliával rendelkező területei – ahol a felszín tulajdonságai is hirtelen változnak – mindenképpen reprezentálva legyenek. A kiválasztási eljárás végeredménye – azaz a mintaterületet alkotó cellák – a 2. ábrán látható, amely szerint a kiválasztott 35 cella a lehetősekhez képest egyenletesen elszórva helyezkedik el.



2. ábra A mintaterületet alkotó cellák elhelyezkedése a vizsgált területen: (a) a vizsgált terület határa, (b) a mintaterületből kimaradt cellák, (1-6) a megfelelő sorszámú rétegből kiválasztott mintaterületi cellák

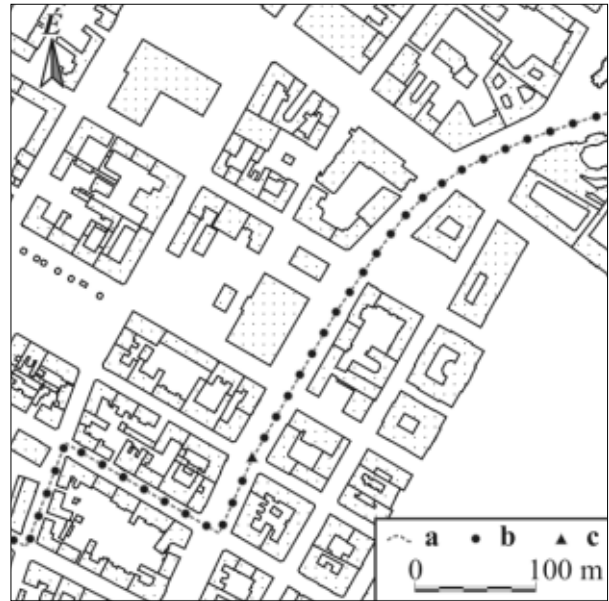
4. Az SVF meghatározása és összevetése a hőmérséklettel

4.1. Az algoritmus futtatása

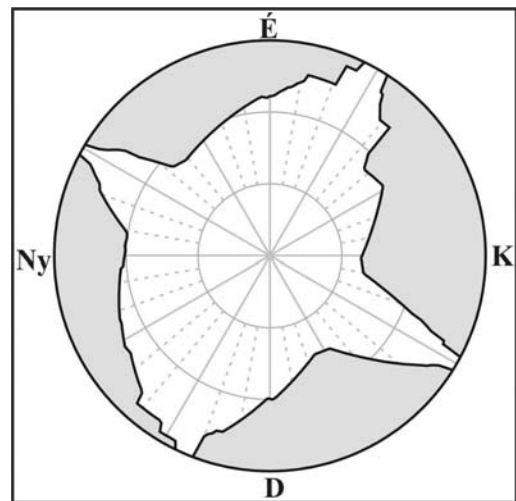
Az SVF értékek kiszámításához a kiválasztott 35 cellán belül elsőként a teljes útvonalnak az adott cellákban haladó szakaszait kellett meghatározni úgy, hogy amennyire lehetséges, kövessék az utcák középvonalát (3. ábra). Ezekre az útvonalszakaszokra történt az algoritmus bemenő paramétereként megadott mérési pontok elhelyezése, jelen esetben 20 méterenként (ez a sűrűség a megfelelő reprezentativitást szolgálja). Az egyes pontok magasságértékeit az épületmagasságok meghatározásánál használt szoftverrel mértük le (Unger et al. 2006).

Az összes pont (1022) esetén 200 méter sugarú volt a vizsgált terület, a forgatási szög pedig 1 fokos. Az algoritmust nem csak talajszintre, hanem 1,4 m magasságra is lefutattuk, hiszen a hőmérsékleti értékek is ilyen magasságból származnak, majd cellánként átlagoltuk a kapott SVF értékeket. A teljes futtatási idő körülbelül 10 óra volt.

Egy adott pontra vonatkozó SVF érték kiszámolásán kívül az algoritmus egyik opcionális eredménye a pont környezetét 180°-ban – halszemoptika jelleggel – bemutató kép, amely a pontot körülvevő épületek körvonalait ábrázolja és így szemlélteti az égboltnak a pontból látható részét (4. ábra). Ez a pontot környező félgömbnek egy olyan



3. ábra A város egy része (egy cella) az épületek alaprajzával és a mérési útvonallal (a - mérési útvonal, b - SVF mérési pont, c - a 4. ábrán szereplő mérési pont)



4. ábra Az algoritmus által generált kép: az épületek körvonalai által lehatárolt égbolt a 3. ábrán ▲-gel jelölt felszíni pontból nézve (SVF = 0,7722)

levetítése egy körlapra, ahol a sugárirányú távolságok a középponti szöggel arányosak.

4.2. Az UHI és az SVF összevetésének eredménye

A kiinduló adatok, mint cellánkénti átlagértékek, a következők voltak:

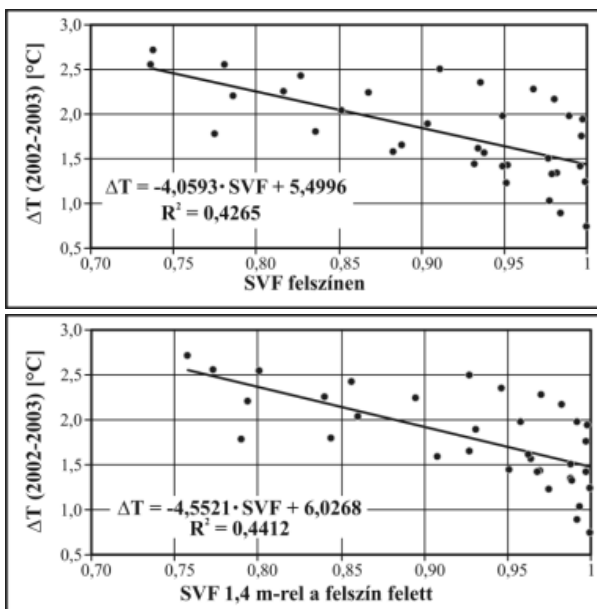
- független változó: SVF (talajszinten – SVF_0 , 1,4 m-es magasságban – $SVF_{1,4}$),

- függő változó: UHI intenzitás – ΔT (éves – $\Delta T_{év}$, „lombos” vagy meleg szezon – ΔT_{lomb} , illetve „lombtalan” vagy hideg szezon – $\Delta T_{lombtalan}$).

Először az éves átlagos ΔT és a két szintben számított SVF közötti összefüggést vizsgáljuk, majd rátérünk az évszakos átlagokra is. Természetesen a cellánkénti SVF átlag

gok mindhárom esetben ugyanazok, hiszen a felszíni elemek az egy éves mérési periódus során gyakorlatilag változatlanok tekinthetők. Az SVF átlagok ingadozása a belváros és a külterület cellák között 0,73–1,00 a felszínen és 0,76–1,00 a felszín felett 1,4 m magasságban.

Az egy éves periódusban az átlagos $\Delta T_{\text{év}}$ értéke 0,74–2,72 °C között változott a vizsgált területen belül, a legnagyobb értékek a város belső részein jelentkeztek. Az 5. ábra szerint erős lineáris kapcsolat mutatható ki az SVF és a $\Delta T_{\text{év}}$ területen belüli változása között. A kapott statisztikai mérőszámok alapján az SVF₀ változása 42,6%-ban, míg az SVF_{1,4} változása 44,1%-ban magyarázza meg a hőmérséklet városon belüli varianciáját ($R^2 = 0,426$ és 0,441). Tehát az SVF_{1,4} használata egy enyhe javulást jelent a determinációs együttható értékében. A megfelelő $R_0 = -0,653$ és $R_{1,4} = -0,664$ -es értékek szoros negatív kapcsolatra utalnak 1%-os szignifikancia szinten ($n = 35$).



5. ábra Az éves átlagos UHI intenzitás (ΔT) változása a két magassági szintben mért SVF függvényében (az értékek cellákra vonatkozó átlagok) ($n = 35$)

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 szezon összehasonlítása azt mutatja, hogy a várakozásnak megfelelően (ld. 2.2.2. fejezet) a kapcsolat szoro-

sabb a hidegebb évszakban (1%-os szinten) mindkét SVF számítási szintben, de a különbség nem túl nagy. A számított regressziós egyenesek és jellemzőségeiket a 2. táblázat tartalmazza. Természetesen ezek az összefüggések csak a vizsgált paraméterek értékhatárai között érvényesek.

A korrelációs együtthatók ($R_0 = -0,656$ és $R_{1,4} = -0,671$ a lombtalan, $R_0 = -0,632$ és $R_{1,4} = -0,639$ a lombos) értékei szoros negatív kapcsolatot jeleznek, de ez mindössze 2,2 és 3,2%-os szezonális különbséget jelent a ΔT varianciájának magyarázatában. Ezek a kis különbségek természetesen 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.

Azt vártuk, hogy a nyári időszakban a fák lombzatával kiegészített épületek csökkentik a felszínnek az égbolt irányába történő hosszúhullámú sugárzasi veszteségét az éjszaka folyamán, ezzel a lehűlés mértékének csökkenését és a városi környezet magasabb hőmérsékletét eredményezve. Ezzel ellentétesen hat azonban, hogy a nappal folyamán a lombkorona miatt kisebb a szoláris energia bevétele, 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. Eredményeink összhangban vannak a hasonló jellegű korábbi vizsgálatokkal (Unger 2004), ahol az SVF értékek becslése terepi mérési adatokon alapult.

5. Egy további alkalmazási lehetőség

Természetesen a városi környezetben nemcsak egy útvonal mentén, hanem más szempontok alapján kijelölt kisebb-nagyobb területekre vonatkozóan is meg lehet határozni az arra jellemző SVF értékeket, vagy azoknak az adott területen való eloszlását a megkívánt (és a rendelkezésre álló 3D-s adatoktól is függő) felbontásban.

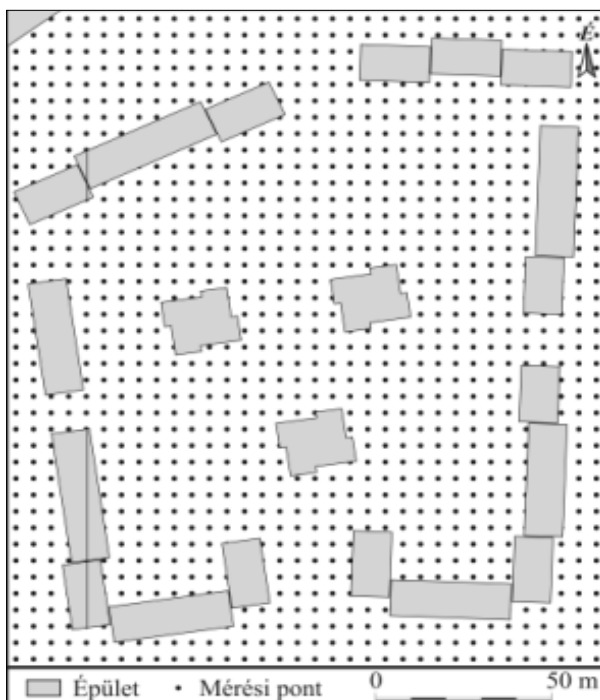
Erre példaként tekintsünk egy 170x200 m nagyságú mintaterületet Szeged egyik lakótelepi részén. A 6. ábra ezt a kijelölt területet, valamint az SVF számításhoz szükséges 200 m-rel megnövelt környezetet mutatja be a rajtuk lévő épületekkel együtt. Az SVF eloszlásának meghatározásához megfelelő sűrűségben felvett diszkrét pontokra vonat-

2. táblázat



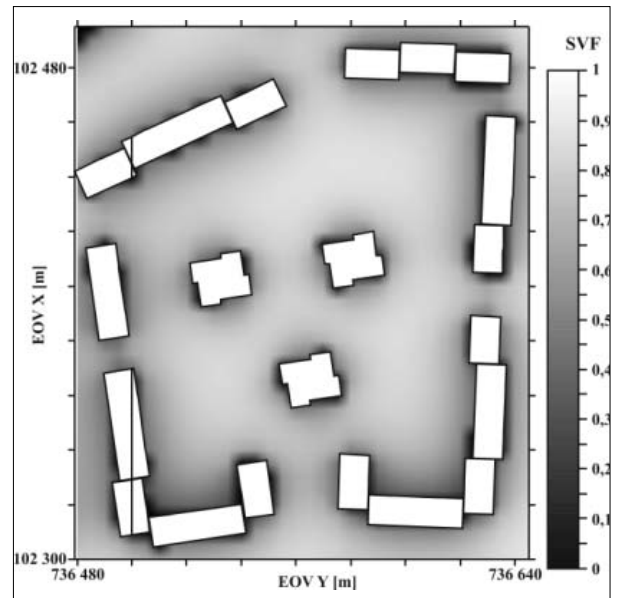
6. ábra A kiválasztott mintaterület Szeged egyik lakótelepi részén

kozó értékek szolgáltatnak információt. Az adatbázis pontosságát és az algoritmus futásának az idejét is figyelembe véve az 5 m-es felbontás (a mintaterületre fektetett 5×5 m-es háló) elegendőnek bizonyul az eloszlás jellegzetességeinek kirajzolásához (7. ábra). A mintaterületen és környezetében nagyrészt panel technológiával készült 14-16 m magas ötszintes és 31–32 m magas 11 szintes lakóházak vannak. A néhány nagyobb és szélesebb (és viszonylag alacsony) téglalap alakú épület szolgáltató funkciót lát el (iskola, élelmiszerbolt, orvosi rendelő, sportcsarnok, stb.).



7. ábra A mintaterület és az SVF eloszlási mezőjének meghatározásához kiválasztott mérési pontok 5×5 m-es hálózata

Az eredményül kapott SVF eloszlási mezőt a 8. ábra mutatja, feltüntetve a mintaterület elhelyezkedésének pontos geodézia koordinátáit is. Látható, hogy az épületek közelében és ahol a szomszédos épületek falai egymáshoz közel vannak, ott alacsonyabb SVF értékek jelentkeznek (zártabb környezet), míg a házaktól viszonylag távolabb, tehát nyitottabb környezetben lévő részeken magasabb az érték.



8. ábra Az SVF értékek eloszlása a mintaterületen (EOVS X és Y az Egységes Országos Vetület koordinátái)

Ez az SVF számítási eljárás, akár egyedi pontokra, akár egy rácsálózatra nézzük, nemcsak városi környezetben alkalmazható. Egy adott tetszőleges terepen lévő hely vagy terület mikroklimatikus vizsgálatához nagyon hasznos lehet az egyes pontok sugárzási viszonyait jellemző égboltláthatósági érték kiszámítása, amennyiben a környező terepről és a rajta lévő növényzetről, épületekről, rendelkezésre áll a megfelelő 3D-s vektoros adatbázis. Ez elérhető például a raszteres DDM átalakításával megfelelő felbontású vektoros állománnyá, kiegészítve pl. a felmért fák (és épületek) jellemző paramétereivel.

6. Összegzés

A kétrészes cikk célja egy olyan eljárás bemutatása volt, amely képes egy 3D-s adatbázis alapján a városi felszín geometriájának elemzésére, illetve ennek a geometriának és a hőmérséklet-eloszlás kapcsolatának a vizsgálatára egy 35 cellából álló városi mintaterületen. Az így kapott eredmények a felhasználhatóak lehetnek az átlagos városi hősziget modellezésénél, ahol a városi felszín leírása fontos paraméterként játszik szerepet.

A feladat megoldására készítettünk egy algoritmust, amely vektoros állományon – a sugárkövetés elvét felhasználva – képes a szükséges paraméter (SVF) meghatározására. Az algoritmust az ArcView 3.2 szoftveren implementáltuk

ügy, hogy a felhasználó által – a saját vizsgálati igényeinek megfelelően – paramétrezhető legyen. Az algoritmust a Szeged város épített felszínét leíró – rétegzett mintavétellel kiválasztott – 3D-s adatbázis modellen futtattuk.

Az UHI és az SVF összefüggésére irányuló vizsgálatok eredményei hasonlóknak adódtak a korábban teodolitos mérésekkel elvégzettekhez, vagyis szoros kapcsolatot sikerült kimutatni a két változó között. Az algoritmus lényegesen nagyobb elemszámmal dolgozott, mint a terepi méréseken alapuló vizsgálat, ezért statisztikailag megbízhatóbb eredményt szolgáltat.

Jelen vizsgálataink az irodalmi áttekintésben említettekhez képest az SVF-UHI reláció megközelítése szempontjából is előrelépést jelentenek, 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 sok alkalommal elvégzett méréseken alapultak. A megfelelő – nem túl nagy, nem túl kicsi – méretűre választott területekre (egy-egy cellára) vonatkozó átlagos égbolttáthatóság és hősziget intenzitás értékeiben tulajdonképpen összegződnek az adott területek felszíngeometriájának sajátosságai és mikroklimatikus folyamatoknak termikus eredményei. Így e mérőszámok megfelelően reprezentálják a kiválasztott kisléptékű körzet vizsgált változóit.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az OTKA (T049573) támogatta.

**Unger János – Gál Tamás – Geiger János
Szegedi Tudományegyetem**

Irodalom

- Bäring L, Mattsson JO and Lindqvist S, 1985: Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. *J Climatol* 5, 433-444
- Blankenstein S and Kuttler W, 2004: Impact of street geometry on downward longwave radiation and air temperature in an urban environment. *Meteorol Zeitschrift* 15, 373-379
- Bottyán Z and Unger J, 2003: A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. *Theor Appl Climatol* 75, 233-243
- Cohran WG, 1963: *Sampling Techniques* (2nd ed). John Wiley & Sons, New York
- Dalenius T, Hodges JL, 1959: Minimum variance stratification. *J American Statistical Association* 54, 88-101
- Eliasson I, 1992: Infrared thermography and urban temperature patterns. *Int J Rem Sensing* 13, 869-879
- Eliasson I, 1996: Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. *Atmos Environ* 30, 379-392
- Gál T, Balázs B and Geiger J, 2005: Modelling the maximum development of urban heat island with the application of GIS based surface parameters in Szeged (Part 2): Stratified sampling and the statistical model. *Acta Climatologica Univ Szegediensis* 38-39, 59-69
- Johnson DB, 1985: Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham. *J Climatol* 5, 221-225
- Oke TR, 1981: Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *J Climatol* 1, 237-254
- 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
- Santos IG, Lima HG and Assis ES, 2003: A comprehensive approach of the sky view factor and building mass in an urban area of the city of Belo Horizonte, Brazil. In Klysis K, Oke TR, Fortuniak K, Grimmond CSB and Wibig J: *Proceed Fifth Int Conf on Urban Climate* Vol. 2, University of Lodz, Lodz, Poland, 367-370
- Sümegey Z és Unger J, 2004: A városi hősziget szerkezetének vizsgálata normalizált intenzitás segítségével. *Légekör* 49/2, 15-19
- Svensson M, 2004: Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences. *Meteorol Appl* 11, 201-211
- Unger J, 2004: Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. *Climate Research* 27, 253-264
- Unger J, 2006: Modelling of the annual mean maximum urban heat island with the application of 2 and 3D surface parameters. *Climate Research* 30, 215-226
- Unger J, Gál T és Kovács P, 2006: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden, 1. rész: térinformatikai eljárás a felszíngeometria számszerűsítésére. *Légekör* 51/3, 2-9
- Unger J és Sümegey Z, 2001: A városi hőmérsékleti többlet: keresztmetszet menti vizsgálatok Szegeden. *Légekör* 46/4, 19-25
- Unger J, Pál V, Sümegey Z, Kádár E és Kovács L, 1999: A maximális kifejlődésű városi hősziget területi kiterjedése tavasszal Szegeden. *Légekör* 44/3, 34-37
- Upmanis H, 1999: The influence of sky view factor and land-use on city temperatures. In Upmanis H, 1999: *Influence of parks on local climate*. Earth Sciences Centre, Göteborg University A 43: paper 3
- Upmanis H and Chen DL, 1999: *Climate Research* 13, 125-139
- Upmanis H, Eliasson I and Lindqvist S, 1998: The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *Int J Climatol* 18, 681-700
- Yamashita S, Sekine K, Shoda M, Yamashita K and Hara Y, 1986: On the relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River Basin, Japan. *Atmos Environ* 20, 681-686

HELYREIGAZÍTÁS

A LÉGKÖR 2006. évi 3. számának fedőlapján közölt fénykép ugyan az OMSZ szegedi obszervatóriumában készült, de Cb felhőzet alatt húzó vadlibákat ábrázol. (A szerk.)