

VÁROSKLÍMA HÁLÓZAT SZEGEDEN

Gál Tamás, Unger János

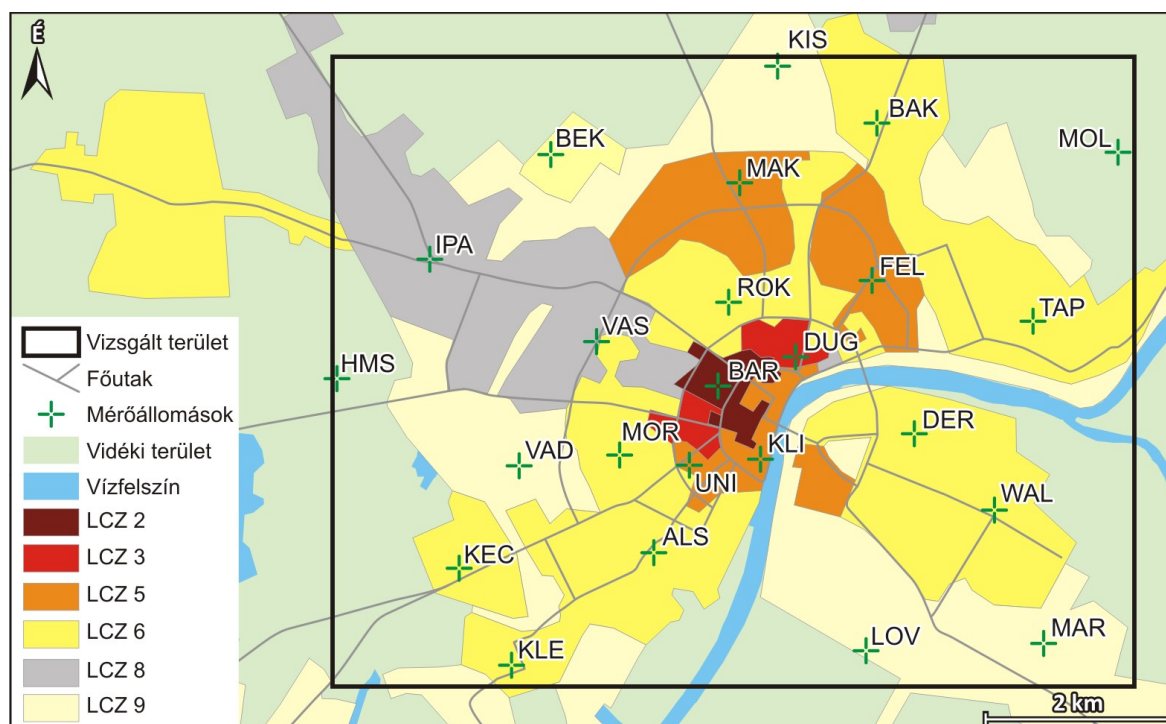
SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2.
e-mail: unger@geo.u-szeged.hu

Bevezetés

Az URBAN-PATH EU-projekt keretében két – 23, illetve 27 elemből álló – városklíma állomáshálózat (monitoring és információs rendszer) létesült 2014-ben Szegeden és a szerbiai Novi Sad városában, amely folyamatosan regisztrálja a léghőmérséklet (T) és légnedvesség (RH) értékeit és az interneten online módon – feldolgozott formában (térképek, grafikonok) – meg is jeleníti őket (*URBAN-PATH Project 2014*; Unger et al., 2014, 2015). A két rendszer alapvetően hasonló, ezért csak a szegedi ismertetésére térünk ki.

A hálózat kialakítása

A hálózatnak része az OMSZ által üzemeltetett két állomás is. Az egyik ugyanott van, mint a rendszer HMS egysége, ezért egyrészt kontroll szerepe van, másrészt további adatokat is szolgáltat (globálsugárzás – G, szélesség – φ). Hasonló a helyzet a másik (UNI) állomással (T, RH, G és φ), és így vele összesen 24 egységből áll a hálózat (1. ábra).



1. ábra: Az URBAN-PATH állomáshálózat elemeinek elhelyezkedése és az LCZ típusok területi eloszlása Szegeden és környékén (Skarbit et al., 2016).

Városi mérőhálózat telepítése a felszín nagyfokú összetettsége és változatossága miatt nem egy egyszerű és egyértelmű feladat. Jelen esetben az állomások elhelyezésének/felszerelésének szempontjait a következőkben lehet összefoglalni (Lelovics et al., 2014): (1) a vizsgált

területen előforduló hét lokális klímazóna (LCZ) képviselve legyen; (2) egy adott LCZ-ben a számuk közel arányos legyen a zóna területével; (3) a hely a zóna szélétől megfelelő távolságra legyen (legalább 2–300 m); (4) a kiválasztott állomás-konfiguráció megfelelően adja vissza azt az átlagos hősziget (ΔT) mintázatot, amit a Balázs et al. (2009) által kifejlesztett empirikus modell generál; (5) a hely mikrokörnyezetének elemei reprezentatívak legyenek az adott zónára nézve; (6) a hely biztonságos (rongálás, lopás elkerülése) és alkalmas legyen a mérőeszköz rögzítésére, árammal való ellátására.

A szempontok közül az utolsó (6) praktikus kérdéseket vetett fel. Városi környezetben adódik a lehetőség, hogy a közvilágítás kandelábereit vagy a villanyoszlopokat alkalmazzuk erre a célra. Az áramellátás ezeken a helyeken adott, és 4 m magasan elhelyezve, a rongálásoktól is viszonylag védettek lesznek a műszerek. Noha a szabványos műszermagasság 2 m, azonban az utca (kanyonban) a levegő jól elkeveredett, így a 4 m-en mért értékek megfelelően reprezentálják az utcaszínti (1,5–2 m) értékeket (Nakamura & Oke, 1988). A külterületi állomásokat természetesen 2 m magasan helyeztük el (Unger et al., 2015).

Az állomások pontos helyeit terepbejárásokat követően véglegesítettük, melyek során számos, nem klimatológiai jellegű probléma adódott (pl. nem voltak villanyoszlopok a kiszemelt környéken). A fenti szempontok lehetőség szerinti figyelembevételével – amiket nem mindig sikerült maradéktalanul teljesíteni az említett problémák miatt – 22 állomás került a hat beépített jellegű zóna területére (LCZ 2, 3, 5, 6, 8 és 9), valamint kettő a nem városias jellegű LCZ D-be (HMS, MOL) (1. ábra). A beépített jellegű LCZ-kben lévő 22 állomás szám szerinti megoszlása a következő:

- * LCZ 2, kompakt-közepes (0,63 km²) – 1 állomás
- * LCZ 3, kompakt-alacsony (0,67 km²) – 1 állomás
- * LCZ 5, nyitott-közepes (4,35 km²) – 4 állomás
- * LCZ 6, nyitott-alacsony (19,63 km²) – 10 állomás
- * LCZ 8, könnyűszerkezetű-alacsony (5,91 km²) – 2 állomás
- * LCZ 9, alig beépített (15,32 km²) – 4 állomás

Az állomások 250 m sugarú környezetének felszínére vonatkozó adatokat (meta-adatok) az 1. táblázat foglalja össze (Skarbit et al., 2016). A 2. ábra néhány állomás mikro- és tágabb környezetét szemlélteti egy-egy utcaszínti fénykép, illetve légifotó segítségével.

1. táblázat: A 2. ábrán szereplő állomások 250 m-es környezetének meta-adatai (SVF: égboltiláthatóság; HRE: érdeességi elemek magassága; BSF: épület alapterület arány; ISF: vízzáró felszín arány; PSF: vízáteresztő felszín arány).

LCZ	Állomásnév	SVF	HRE (m)	BSF (%)	PSF (%)	ISF (%)
2	BAR	0,6	13	36	12	52
3	DUG	0,7	10	31	17	52
5	MAK	0,8	19	10	51	39
5	KLI	0,8	18	19	49	32
5	FEL	0,7	19	15	31	54
6	WAL	0,9	7	16	37	47
8	IPA	0,9	5	12	40	48
9	KIS	0,9	5	5	78	17
D	HMS	0,9	0	0	99	1

Mérőeszközök és elhelyezésük

A lámpaoszlopokra 4 m magasan – 60 cm-re kinyúló konzolra – rögzítve egy fehér, üvegszálas anyagból készült sugárzásvédő ernyővel ellátott Sensirion SHT25 szenzor szolgáltatja a mérési adatokat (T, RH) (3. ábra). A szenzor pontossága 10–60 °C között 0,2 °C (T), illetve 10–90% között 1,8% (RH). A konzol tövében két doboz található, a felsőben van a vezérlő

elektronika, az adatgyűjtő kártya (microSD), a GPRS/EDGE/3G modem, valamint az akkumulátor és a töltő. Az alsó doboz kiegészítő része a mérőállomásnak, a benne elhelyezett kismegszakítóra csak az elektromos hálózathoz történő szabványos csatlakozás miatt van szükség. Három mérőállomás (HMS, MOL, UNI) nem közvetlenül az áramszolgáltató hálózatára csatlakozik, hanem egyedi úton került megoldásra az áramellátásuk, így esetükben hiányzik a lenti doboz (Unger et al., 2015). Az akkumulátorokra azért van szükség, mert a műszerek egy része (8 db) közvilágítási kandeláberre került, amelyek áramellátását a nappali órákban központilag lekapsolják.



2. ábra: Példák a különböző LCZ-k területén elhelyezett állomások környezetének látképére és légifotójára (a sárga körök sugara 250 m).



3. ábra: Néhány példa a mérőállomások elhelyezésére (a) acél és (b) beton kandeláberen, illetve (c) beton és (d) fa villanyoszlopon.

Az állomások – a központi szerver (Dell PowerEdge T320 tower server) által rendszeresen szinkronizált – rendszerideje UTC. Percenként mérik a paramétereket és mobilinternet kapcsolaton keresztül 10 percenként küldik az adatokat a szervernek, bizonyos kiegészítő információkkal (töltöttségi szint, dobozon belüli hőmérséklet, a szenzor állapota) együtt. Ha valamiért megszakad a kapcsolat, akkor az állomás később ismételt megkísérléssel az adattovábbítást (addig, míg az eredményes nem lesz). Ha a töltöttségi szint alacsony, akkor – energiatakarékosság céljából – az állomás megnöveli az adattovábbítások közötti időt vagy fel is függeszti azt annak érdekében, hogy a mérések zavartalanul folytatódhassanak.

Az online megjelenítés háttere és példák

A beérkező adatok a *www.urban-path.hu* honlapon diagramok és térképek formájában megtekinthetők, amit egy összetett automatizált rendszer biztosít (Unger et al., 2015).

A mobilinternet kapcsolaton keresztül beérkező adatokat (T, RH) egy Python nyelvű szkript fogadja. Az első lépés a T és RH értékek alapján a gőznyomás (e) és a harmatpont (T_d) kiszámítása. Ezt követően az összes adatot a program naponta és állomásonként külön-külön szöveges állományban tárolja, azért, hogy a nyers adatokról még a szerver meghibásodása esetén is legyen egy könnyen megmenthető biztonsági másolat. Ezzel párhuzamosan az adatok egy MQL adatbázisba is bekerülnek, amelyben a további számítások és az online felület számára sokkal gyorsabban és könnyebben elérhetők.

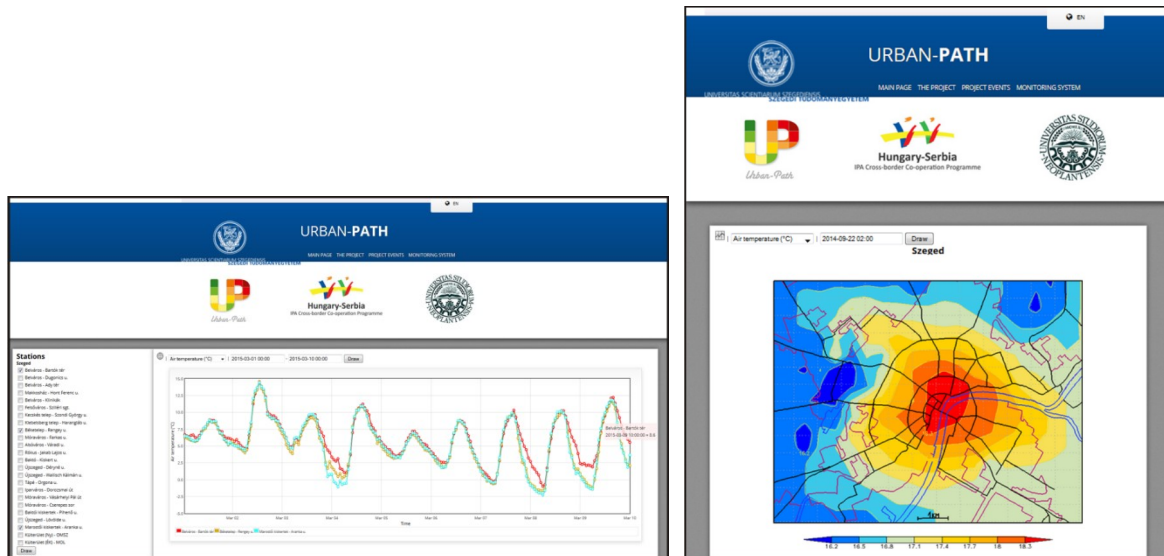
A feldolgozás az adatok megérkezését követően azonnal megindul egy Java nyelvű program segítségével, mely először a két OMSZ állomás adatait (T, RH, G, v) ftp kapcsolaton keresztül az SZTE Éghajlattani Tanszékén működő másik szerverről átmásolja. Ezután kiszámítja a 10 perces átlagokat és tárolja ezeket a MySQL adatbázisban. Amennyiben az adott időpont egész órára esik, akkor az óras átlag, ha éjjelre, akkor a napi átlag is kiszámításra kerül és ugyanúgy a MySQL adattáblába rögzítődik. A rendszer kiszámítja a humánkomfortot jellemző PET (*Physiologically Equivalent Temperature*) indexet (Höppe, 1999) a 10 perces átlagos T, RH, G és v alapján egy neurális hálózat segítségével, majd ezt is a fent említett módon a MySQL adatbázisban tárolja.

Az adatfeldolgozó rendszer az adatok térbeli lineáris interpolációját is elvégzi egy 500 m oldalhosszúságú rácsra, felhasználva az állomások koordinátáit is. Az interpoláció egyértelműsége érdekében a mintaterület négy sarokpontjához a legközelebbi külterületi állomás mérési adatait rendeltük hozzá. Az elkészült mezők tíz percenként egy NetCDF formátumú bináris állományba kerülnek, amelyből a későbbiekben bármely időpontra vonatkozóan bármely paraméter térképe kirajzolható.

Az online felület egy PHP nyelven elkészített interaktív honlap. Ezen a weboldalon a monitoring rendszerrel kapcsolatos információk mellett a folyamatosan frissülő diagramok és térképek jelentik a lényegi tartalmat. A honlapon – a diagramok esetében – kiválasztható, hogy melyik állomások melyik időszakra vonatkozó melyik paraméterét szeretné a felhasználó megtekinteni (4. ábra). A választás alapján a rendszer kigyűjti a kívánt adatokat a MySQL adatbázisból, majd kirajzolja a diagramot egy PHP program segítségével.

A térképek kirajzolása látszólag hasonlóan történik, azonban a folyamat háttere némileg eltérő. Ez esetben az választható ki, hogy melyik időpontra vonatkozóan melyik paramétert kívánja a felhasználó megtekinteni (4. ábra). A választott időpont és paraméter ismeretében a honlap lefuttat egy GrADS nyelvű szkriptet, amellyel elkészül egy térkép, ami tartalmazza a NetCDF állományból származó 10 perces mezőt, jelmagyarázatot és alaptérképet is. Ez egy képfájlként kerül tárolásra és a honlap ezt jeleníti meg. Ha egy adott időpontra korábban már készült térkép, akkor az a képfájl már eleve ott van a szerveren, így a honlap azonnal megjeleníti azt, és nem futtatja újra a térképrajzolást.

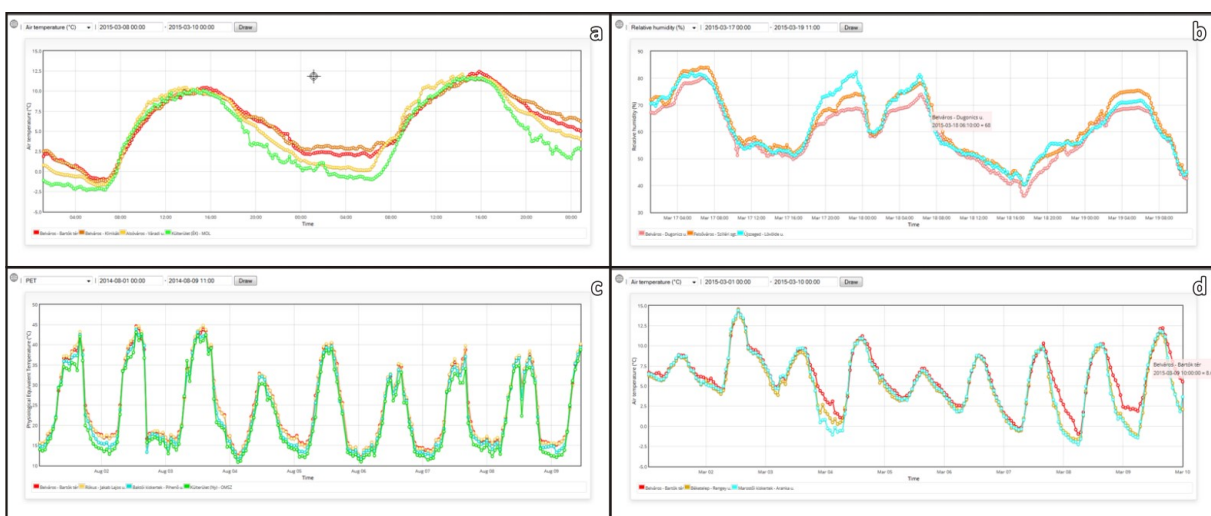
A honlapoknál rendkívül fontos információ, hogy mekkora látogatottsággal rendelkeznek. A Google Analytics szolgáltatás alapján a látogatók száma átlagosan 60–150 naponta, és a működés kezdete óta (2014 júniusától 2016 júliusáig) összesen közel 80 000 a világ 130 országából.



4. ábra: Példák az adatok diagram és térkép formájában történő megjelenítésére.

A projekt honlapján a Monitoring Rendszer menüpont alatt érhetőek el a mérési adatok. A rendszer alapértelmezett megjelenítése két mérőállomás (BAR, MOL) diagramja a megnyitás időpontját megelőző 48 órában. A diagramok esetén a mérőállomások és a megjelenített időpont is szabadon módosítható (5. ábra).

Az 5a. ábra a T alakulását szemlélteti 2015.03.08–10. között, amikor derült és nyugodt időjárás volt jellemző. A rendszer adatai alapján a külterületi állomás (MOL) esetén a hőmérséklet $-2,5$ és 12 °C között változott. Jól látszik az is, hogy a viszonylag alacsony T ellenére a városi hatás jelentős, március 9 éjjelén az alsóvárosi állomásnál (ALS) $1-2$ °C-kal, a belvárosi állomásoknál (BAR, UNI) $3-4$ °C-kal magasabb a T, mint a külterületen.



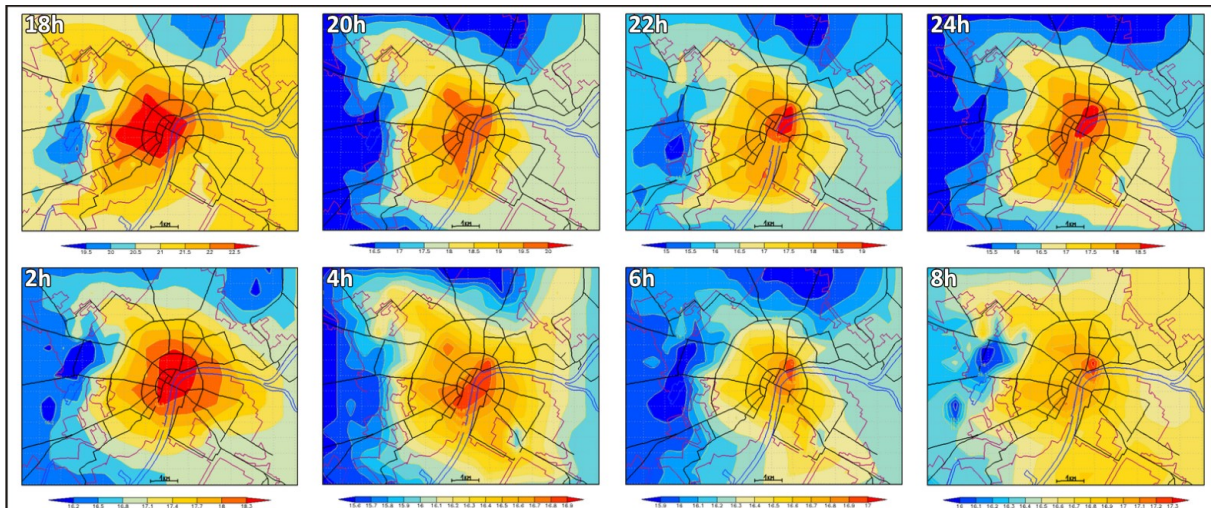
5. ábra: Az URBAN-PATH monitoring rendszer által megjelenített léghőmérséklet (a, d), relatív nedvesség (b) és PET (c) grafikonok különböző hosszúságú időszakok esetén.

Az 5b. ábra szintén nyugodt időjárású időszak (2015.03.17–19.) esetén mutatja be az RH változását egy-egy belvárosi (DUG), felsővárosi (FEL) és újszegedi (VAD) állomás esetén. Az RH menete szinte mindig nagyon hasonlóan alakul a nappalok során, de az éjjeli időszakokban a hőmérsékleti eltérések tükröképeként 10–15%-os különbségek is kialakultak.

Az 5c. ábra egy hosszabb időszak (2014.08.1–9.) esetén ábrázolja a PET alakulását négy mérőállomáson (BAR, ROK, BAK, HMS) a megjelenített órás adatok alapján. A grafikorról könnyen leolvasható, hogy a belvárosban és a Felsővároson éjjel és nappal is magasabb értékeket vesz fel ez a humán komfort index, azaz jóval nagyobb hőterhelésnek vannak kitéve az ott lakók a külterülethez (HMS) vagy akár egy kevésbé beépített (BAK) területhez képest.

Az 5d. ábra szintén egy hosszabb időszakot (2015.03.1–10.) ábrázol, azonban ezúttal a T alakulását követhetjük nyomon 3 állomás (BAR, BEK, MAR) példáján. A diagramról könnyen felismerhetőek azok a napok, amikor jelentős volt a hősziget (március 4, 8, 9, 10), azonban a T alakulásának hosszú távú trendje is könnyen leolvasható.

A monitoring rendszer mérési adatait térképes formában is megjeleníti a honlap. A 6. ábra térképsorozatán jól követhető a városi hősziget felépülése a naplemente idején és a megerősödése a naplemente utáni órákban, valamint jól látszik a napkelte közeledtével a gyengülése és megszűnése is.



6. ábra: Az URBAN-PATH monitoring rendszer által megjelenített léghőmérséklet térképek (2014.09.21. 18.00 UTC és 09.22. 08.00 UTC között kétóránként).

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány összeállítását az NKFIH (OTKA K-111768) támogatta.

Hivatkozások

- Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J., Szegedi, S., 2009: Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: empirical modeling, verification and extension. *Meteorol Appl.*, 16: 275–287.
- Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol.*, 43: 71–75.
- 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.
- Nakamura, Y., Oke, T.R., 1988: Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon. *Atmos Environ.*, 22: 2691–2700.

- Skarbit, N., Stewart, I.D., Unger, J., Gál, T., 2016: Using an urban meteorological network to monitor the thermal reactions of 'local climate zones' in a Hungarian city. *Int J Climatol.* (submitted)*
- Unger, J., Savić, S., Gál, T., Milošević, D., 2014: Urban climate and monitoring network system in Central European cities. Novi Sad. ISBN: 987-86-7031-341-5, 101p.*
- Unger, J., Gál, T., Csépe, Z., Lelovics, E., Gulyás, Á., 2015: Development, data processing and preliminary results of an urban human comfort monitoring and information system. *Időjárás*, 119: 337–354.*
- URBAN-PATH Project, 2014: Evaluations and Public Display of Urban Patterns of Human Thermal Conditions. <http://urban-path.hu/>.*