

# MESTNA KLIMA NA PRIMERU MARIBORA

Igor Žiberna\*



## **Povzetek**

Človekovi vplivi, predvsem širjenje pozidanih površin, ogrevanje, promet in onesnaževanje zraka, so pripomogli k nastajanju specifičnega mestnega ekosistema. Med njegove pomembne značilnosti sodi nastanek značilnega mestnega podnebja, ki se najbolj manifestira s pojavom mestnega toplotnega otoka. V članku so prikazani vzroki za oblikovanje mestne klime in nastanek mestnega toplotnega otoka. Na primeru Maribora so prikazane nekatere značilnosti mestne klime in mestnega toplotnega otoka..

**Ključne besede:** mestna klima, mestni toplotni otok, Maribor

CITY CLIMATE, AS OBSERVED IN MARIBOR

## **Abstract:**

The man's influence on the natural environment, particularly the extension of built surfaces, heating, traffic, and air pollution have contributed to the development of specific city ecosystem. One of its important characteristics is the existence of typical city climate, most evidently manifested by the city thermal island. In the article the causes of the development of the city climate and of the city thermal island are presented. Some characteristics of the above mentioned features are described, as they were observed and studied in the city of Maribor.

**Keywords:** city climate, city thermal island, Maribor

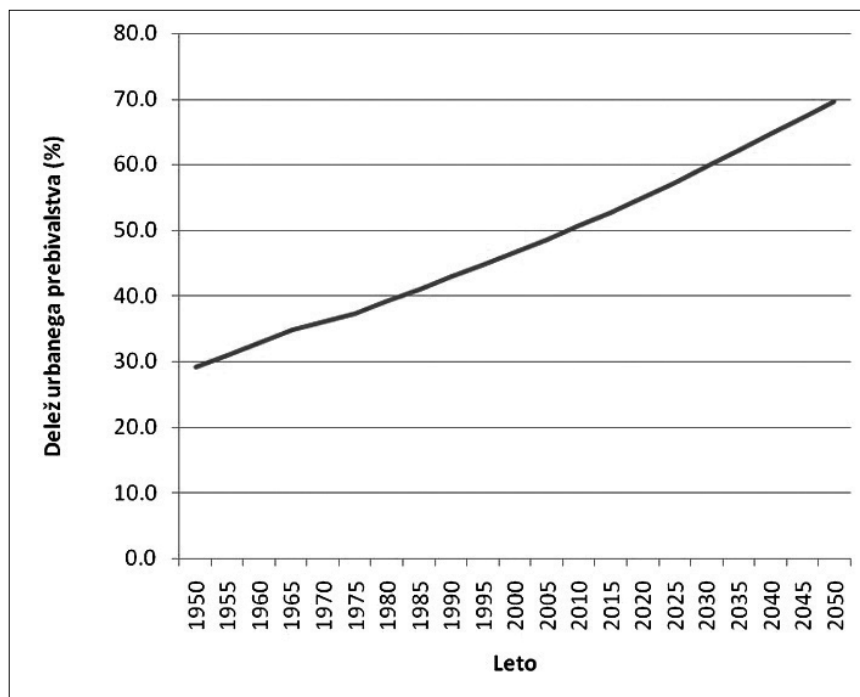
## **Uvod**

Demografske ocene govorijo, da danes več kot polovica svetovnega prebivalstva že prebiva v mestnem okolju. Po podatkih OZN je leta 1950 v mestih živelo 29,1 % vsega prebivalstva. Ta delež se je do leta 2010 dvignil na 50,6 % in po napovedih naj bi do leta 2050 v urbanih okoljih živelo že 69,6 % vsega svetovnega prebivalstva (Med mrežje 1). Zaradi prebivalstvene eksplozije velemest bi naj leta 2015 v Tokiu prebivalo 30 milj., v Ciudad de Mexico pa 20 milj. prebivalcev. Mesta z nad 10 milj. prebivalcev naj ne bi bila več redkost (Sukopp in Wittig, 1993, str. 58). Velika gostota prebivalstva v gosto pozidanih območjih, umetno proizvedena energija in spremenjena vodna bilanca bodo v prihodnosti krojile okolje večine prebivalstva našega planeta.

\* Dr. Igor Žiberna je docent na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Mariboru  
e-mail: igor.ziberna@uni-mb.si

Slika 1: Spreminjanje deleža mestnega prebivalstva na našem planetu med letoma 1950 in 2050

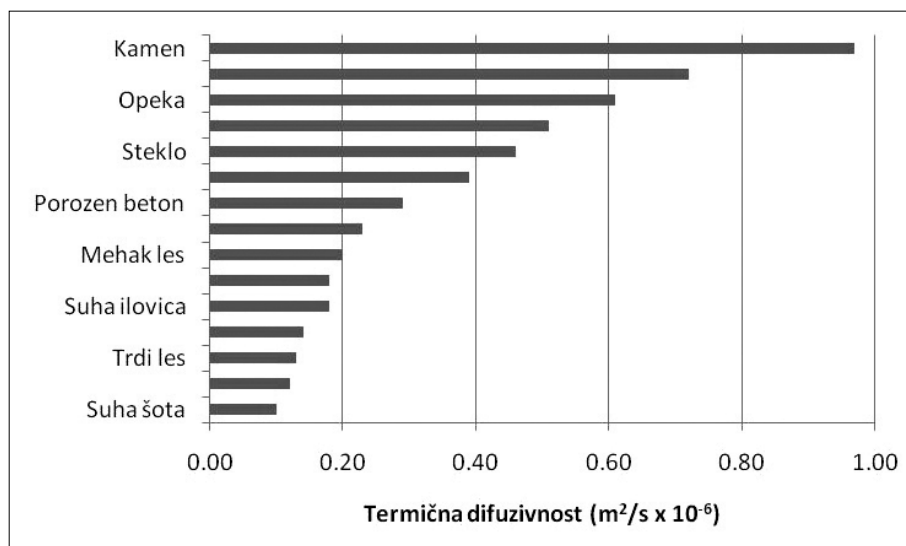
Vir: <http://esa.un.org/unup/>



Specifična raba tal v mestu (večji delež betonskih in asfaltnih površin na račun z vegetacijo poraslih tal) pomembno modificira energijsko bilanco mesta. Beton ima v primerjavi z vlažnimi tlemi tudi do šestkrat večjo toplotno prevodnost (konduktivnost)<sup>1</sup> in skoraj dvakrat večjo toplotno kapaciteto<sup>2</sup> (Oke, 1990, str. 259), zato se podnevi počasi segreva, ponoči pa počasi ohlaja. Prav ta lastnost močno vpliva na dnevni režim razlik v temperaturi zraka med mestom in okolico. Pri določanju termičnih lastnosti materialov v urbanem okolju pogosto uporabljamo tudi termično difuzivnost.<sup>3</sup> Umetni materiali, ki jih pogosteje najdemo v urbanih okoljih, imajo v splošnem višjo termično difuzivnost (slika 2).

Slika 2: Termična difuzivnost za nekatere vrste materialov

Vir: Gartland, 2008



- 1 Toplotna konduktivnost neke snovi je merilo sposobnosti toplotnega prevajanja te snovi. Predstavlja količino toplote, ki preteče skozi enoto površine v enoti časa (Kladnik 1988, str. 200).
- 2 Toplotna kapaciteta snovi nam pove množino toplote, ki je potrebna, da se snov segreje za 1 K, oziroma koliko toplote mora snov oddati, da se ohladi za 1 K (Kladnik 1988, str. 197).
- 3 Termična difuzivnost je definirana kot razmerje med toplotno prevodnostjo in gostoto ter toplotno kapaciteto (Monteith, Unsworth 1990, str. 19).

Mesto s svojimi pozidanimi površinami deluje kot termoakumulacijska peč, ki čez dan absorbira kratkovalovno sevanje Sonca, nato pa v nočnem in jutranjem času sama oddaja dolgovalovno sevanje v ohlajeno okolico. Temperaturne razlike med mestom in okolico so zato najvišje v času nastopa minimalnih temperatur. Fezer (1994, str. 53–54) govori tudi o letnem režimu intenzivnosti nastajanja mestnega toplotnega otoka. Medtem ko mesta v subpolarnih območjih beležijo najintenzivnejši razvoj mestnega toplotnega otoka v zimskih mesecih, je v submediteranskih mestih ta najbolj razvit v poletnih mesecih. Kontinentalni del Evrope, še zlasti Panonska nižina z obrobjem kaže, da je mestni toplotni otok običajno najbolj razvit pozimi.

Manj z vegetacijo poraslih površin pomeni manjšo evapotranspiracijo, s tem pa tudi manj porabljene latentne energije, kar dviga temperaturo zraka podnevi in blaži pretirano ohlajanje ponoči. Končni rezultat omejenega je večji prebitek v energijski bilanci mesta v primerjavi s tisto v okolici. Ena najbolj vidnih posledic tega je nastanek »mestnega toplotnega otoka«. Energijsko bilanco spreminja tudi človek, ki s svojo aktivnostjo v mestu (ogrevanje, industrija, promet) vnaša energijo v ozračje. V ozračje vnaša tudi materijo, predvsem v obliki onesnaževal in vodne pare. Prašni delci tudi modificirajo energijsko bilanco, saj manjšajo delež direktnega, večajo pa delež difuznega sončnega obsevanja. Regionalna klima z vremenskimi tipi, relief ter antropogeni dejavniki so torej vzrok za lokalne spremembe v energijski bilanci, spremembe v vodni bilanci, spremembe v sestavi zraka, spremembe v kroženju zraka in končno spremembe v vrednostih klimatskih elementov, kar vodi v oblikovanje specifičnih klimatskih razmer v mestu, tj. do »mestne klime« (Žiberna, 1996, str. 5).

Energijsko bilanco v mestu lahko zapišemo kot :

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

pri čemer pomenijo:

- $Q^*$  - neto sevanje
  - $Q_F$  - antropogeni vnos energije v ozračje
  - $Q_H$  - energijski tok zaznavne toplote
  - $Q_E$  - energijski tok latentne toplote
  - $\Delta Q_S$  - akumulacija energije
  - $\Delta Q_A$  - advekcija energije
- (Oke 1990, str. 274).

Neto sevanje oblikuje kratkovalovno sevanje Sonca in dolgovalovno sevanje zemeljskega površja :

$$Q^* = Q_{kd} + Q_{kr} - a(Q_{kd} + Q_{kr}) + Q_{da} + Q_{dg}$$

pri tem pomenijo :

- $Q_{kd}$  - direktno sončno sevanje (kratkovalovno)
  - $Q_{kr}$  - difuzno sevanje neba (kratkovalovno)
  - $a$  - albedo
  - $Q_{da}$  - protisevanje atmosfere (dolgovalovno)
  - $Q_{dg}$  - sevanje zemeljske površine (dolgovalovno)
- (Hočevar in Petkovšek 1988, str. 95).

Zaradi onesnažene atmosfere so členi kratkovalovnega sevanja v mestu modificirani. Povečana količina prašnih delcev lahko oslabi direktno sončno sevanje tudi za 20 %, po drugi strani pa poveča delež difuznega krat-

kovalovnega sevanja. Spremenjena je še zastopanost posameznih valovnih dolžin. Oslabljen je zlasti ultravijolični del spektra (do 40 %), kar lahko rahlo zmanjša intenzivnost fotosinteze, zmanjša možnost nastajanje kožnega raka in omili produkcijo vitamina D (Oke, 1990, str. 304–310). Zaradi enakomerne sipanja vseh valovnih dolžin je nebo v mestih vidno kot blede modro ali sivo. Povprečni albedo mesta je v primerjavi s tistim v okolici zmanjšan.<sup>4</sup> Tako je zaradi manjšega albeda asfaltnih in betonskih površin ter večje hrapavosti mestnega površja. Manjši albedo pomeni tudi manjši del od tal odbitega kratkovalovnega sevanja. Po splošnih ocenah naj bi povprečni albedo mesta znašal okoli 0,15, kar je nekaj manj od albeda ruralne okolice (Monteith in Unsworth, 1990, str. 80–82; Oke, 1990, str. 281). Seveda so to le okvirne vrednosti, ki se v odvisnosti od barve pozidanih površin lahko tudi bistveno spremenijo. Manjše kratkovalovno direktno sevanje v mestih se izravna z manjšim od tal odbitim kratkovalovnim sevanjem. Razlike v kratkovalovnem sevanju med mestom in okolico niso velike. Nekaj večje so razlike v dolgovalovnem sevanju zemeljske površine. Te izhajajo predvsem iz razlik v fizikalnih lastnosti podlage med mestom in okolico in so največje ponoči ter pozimi. Tudi dolgovalovno protisevanje atmosfere je zaradi večjih količin prašnih delcev v mestu nekaj večje. Oboje pripomore zlasti k zmanjšani stopnji ohlajanja mesta ponoči (Oke, 1990, str. 282). Energijska toka zaznavne in latentne toplote se med mestom in okolico vidno razlikujeta. Asfaltna in betonske površine v mestu podnevi akumulirajo od Sonca sprejeto kratkovalovno sevanje. Ponoči, ko ni več kratkovalovnega sevanja Sonca, postane gonilna spremenljivka neto sevanja dolgovalovno sevanje površja, ki pa je v mestu povišano zaradi večje akumulacije kratkovalovnega sevanja. Po drugi strani pa je zaradi manj zelenih površin v mestu manjša evapotranspiracija. Posledica tega so manjši pretoki latentne toplote v mestu, kar pomeni tudi manjše energijske izgube in dodatno intenzivnejše segrevanje mesta. Pri mestih, ki jih obkrožajo polpuščavska ali puščavska okolja, pa je delež porabljene latentne energije zaradi večjega namakanja v mestih večji. Prebitek toka latentne toplote se čez dan akumulira, sprošča pa se ponoči in zjutraj. Po ocenah je tok zaznavne toplote v mestu za 60 % višji, tok latentne toplote pa za 52 % nižji od tistega na podeželju. Akumulacija toplote je v mestih višja za okoli 400 % (Oke, 1990, str. 284). Vse to dodatno vodi k formiranju toplotnega otoka in nižje relativne vlage v mestih. Velikostni razredi obeh členov so postali znani šele v zadnjem času, predvsem zaradi izpopolnjene metodologije meritev.

Spremembe v vodni bilanci so posledica spremenjenih lastnosti površja v mestu. Zaradi hitrega odtekanja meteorne vode po kanalizacijskih ceveh in zaradi manj vegetacije v mestih je tudi evapotranspiracija zmanjšana, kar se med drugim kaže tudi v manjši absolutni in relativni vlagi ter manjšemu parnemu pritisku. Zmanjšana evapotranspiracija pomeni tudi bistveno zmanjšane izgube latentne energije, kar zopet modificira energijsko bilanco mesta (Landsberg, 1981, str. 179–182).

## Mestni toplotni otok na primeru Maribora

Meteorološka postaja Maribor Tabor omogoča idealno lokacijo za študij vpliva mesta na spreminjanje lokalnega podnebja, saj se je okolica v za-

4 Albedo golih tal znaša med 0,05 in 0,40, travnikov med 0,16 in 0,26, njivskih površin med 0,18 in 0,25, sadovnjakov med 0,15 in 0,20 ter gozda med 0,15 in 0,20. Planet Zemlja naj bi imel albedo 0,34 (Monteith in Unsworth, 1990, str. 80–82).



dnjih 50 letih močno spremenila. Letalski posnetki lokacije meteorološke postaje Maribor Tabor za leti 1963 in 2003 nazorno prikazujejo spremembo rabe tal (sliki 3 in 4). Pred letom 1963 so se v neposredni bližini opazovalnega prostora nahajale njivske površine in vrtovi, okoli 200 m vzhodneje od opazovalnega prostora pa vrstna pritlična stanovanjska stavba. Intenzivno priseljevanje prebivalstva iz širšega mestnega zaledja je povzročilo nove potrebe po stanovanjskih površinah. Te so se začele naglo širiti na južnem robu tedanjega območja sklenjene pozidave ob današnji Radvanjski in Ljubljanski ulici.

Slika 3: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 1963

Vir: Arhiv GURS, 2005



Slika 4: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 2003

Vir: Arhiv GURS, 2005



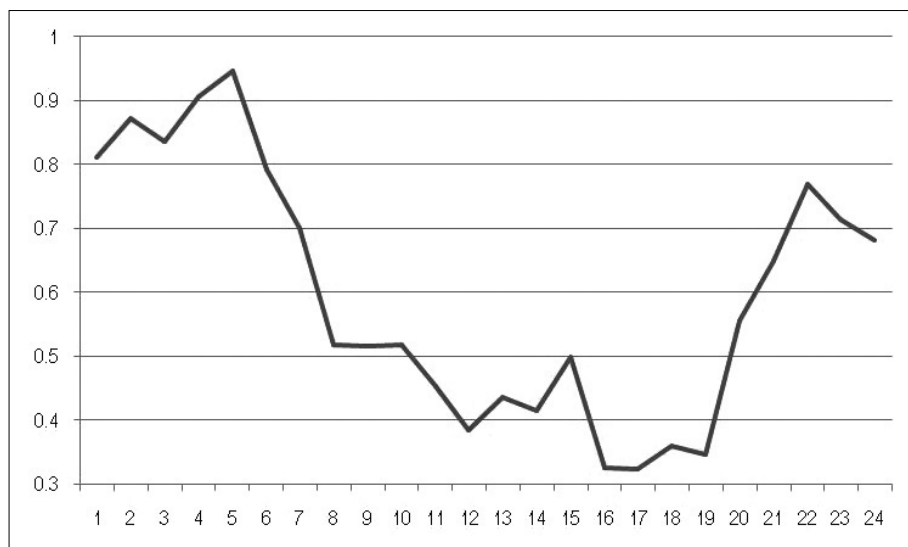
Zlasti po letu 1965 so se v širši okolici meteorološke postaje Maribor Tabor začele širiti stanovanjske soseske blokovne gradnje (severozahodno od tod, ob Regentovi in Rapočevi ulici), ter kompleksi s proizvodno in storitveno dejavnostjo (severno, zahodno in južno od tod). Leta 1980 so severovzhodno od meteorološke postaje odprli večje križišče cest z odcepi proti Ptujju, Ljubljani in soseski Maribor jug, zahodno od tod pa bistveno razširili Jadransko cesto, kar je delež okoliških asfaltnih površin še povečalo. Pomembno se je spremenila raba tal južno od meteorološke postaje, med Tržaško in Jadransko cesto. Tu se je razvilo območje z avtomobilskimi trgovinami in servisi, s čimer se je povečal delež asfaltnih površin. Trend širjenja pozidanih površin v okolici še ni končan. Južno od meteorološke postaje so po letu 2000 bližnje stavbe nadzidali, medtem ko je leta 2011 na vrtičarskih površinah zahodno od opazovalnega prostora med Jadransko in Ljubljansko cesto nastal novi stanovanjski in poslovni objekt. Še najmanjšo transformacijo – če odštejemo magistralno cesto proti Hočam in večje cestno križišče – je doživela vzhodna okolica opazovalnega prostora postaje. Okolica meteorološke postaje je torej prav v desetletjih, ki jih obravnavamo v analizi trendov klimatskih parametrov, doživela intenzivno preobrazbo rabe tal od nekdanjih njivskih površin v gosto pozidano območje.

V okolici mesta delujeta dve meteorološki postaji z daljšim nizom opazovanj: Starše (od leta 1961) in Letališče Edvarda Rusjana (od leta 1977 naprej). Obe lahko ponudita dovolj kakovostne podatke, ki so reprezentativni za ruralno območje.

Primerjava povprečnih urnih temperatur za leto 1993 za meteorološki postaji Maribor Tabor in Letališče Edvarda Rusjana kažejo, da so razlike med mestom in okolico najnižje v popoldanskem času, ko je mesto še vedno za 0,3 °C toplejše od okolice. Proti večernem času pričnejo razlike naraščati in dosežejo prvi vrhunec ob 22. uri. Manjšanje razlik proti polnoči si lahko razlagamo s pojavom lokalnih vetrov. Mestni toplotni otok je v prvi polovici noči dovolj razvit, da se pojavi gradientni veter, ki piha od okolice proti središču mesta in s tem nekoliko zniža temperature. Razlike se v drugi polovici noči ponovno pričnejo stopnjevati in dosežejo maksimum okoli 4. ure zjutraj. Seveda je prikazani dnevni režim razlik med mestom in okolico le neko povprečje. Ob anticiklonalnem vremenskem tipu so razlike lahko še večje (v ekstremnih primerih tudi 10 °C), ob advektivnem ali ciklonalnem vremenskem tipu pa nižje.

Slika 5: Dnevni režim razlik urnih temperatur med Mariborom in Letališčem Edvarda Rusjana leta 1993

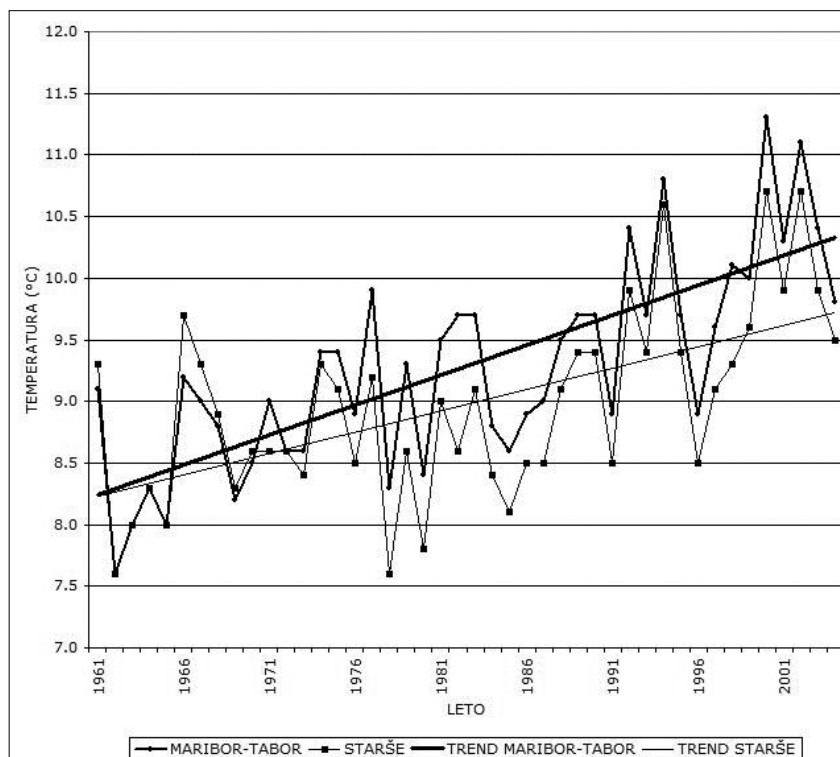
Vir: Žiberna, 1996



Zaradi intenzivnejšega širjenja pozidanih površin v mestu se razlike med mestom in okolico s časom stopnjujejo. To najlažje opazimo pri analizi razlik trendov temperatur in drugih klimatskih elementov. Za ta namen je zanimiva primerjava trendov temperatur na meteorološki postaji Maribor Tabor in Starše v obdobju 1961–2004. Razlike v trendih srednjih mesečnih temperatur ob 7. uri so največje v jesenskem in zimskem času. V obdobju 1961–2004 se je razlika v jutranjih temperaturah med Mariborom in Staršami jeseni letno povečevala za 0,0053 °C, pozimi pa za 0,0171 °C v prid mesta. Meseci, v katerih so se razlike v srednjih mesečnih temperaturah ob 7. uri najbolj povečale, so februar (za 0,0309 °C/leto) in avgust (0,0151 °C/leto), najbolj pa so se razlike zmanjšale v oktobru, a le za 0,0019 °C/leto. Razlike v trendih srednjih mesečnih temperatur ob 14. uri niso tako visoke kot tiste zjutraj. Toplotni otok v Mariboru je namreč podnevi manj intenziven. Razlike v trendih v zimskem času so največje in kažejo, da so temperature v mestu na vsakih deset let višje od tistih v okolici za 0,225 °C. Visok je tudi trend razlik srednjih mesečnih temperatur ob 21. uri, ko največje razlike nastopajo poleti (za 0,0312 °C/leto) in jeseni (0,0268 °C/leto). Spomladi in pozimi so trendi razlik le nekaj manjši. Srednje mesečne temperature v mestu torej najhitreje rastejo pozimi (za 0,0283 °C/leto) in jeseni (za 0,0244 °C/leto), nekaj počasneje pa poleti (0,0186 °C/leto) in spomladi (0,0169 °C/leto). V poletnih mesecih je mestni toplotni otok v Mariboru slabše razvit, spomladanske razlike pa duši siceršnja večja prevetrenost atmosfere. Pregled razlik v trendih srednjih mesečnih temperatur med mestom in okolico prinaša več spoznanj. Srednje mesečne temperature v mestu najhitreje rastejo ob 21. uri, sledijo pa temperature ob 7. in temperature ob 14. uri. Razlike v trendih srednjih mesečnih temperatur kažejo, da se razlike med mestom in okolico najbolj povečujejo pozimi in jeseni, le ob 21. uri pa tudi poleti. Razlike v trendih ekstremnih temperatur kažejo, da se razlike med mestom in okolico hitreje večajo pri minimalnih kot maksimalnih temperaturah (Žiberna, 2006).

Slika 6: Trendi povprečnih temperatur zraka ob 21. uri na meteorološki postaji Maribor Tabor in Starše (1961–2004)

Vir: arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2011.



S povečano intenzivnostjo mestnega toplotnega otoka se kažejo celo vplivi na bioklimatske razmere v mestih. White in ostali (2002) so za nekatera mesta na vzhodu ZDA ugotavljali vpliv toplotnega otoka na dolžino vegetacijske dobe. Ta je v mestih za dober teden daljša kot v ruralni okolici. Roetzer in ostali (2000) so analizirali vpliv mestnega toplotnega otoka na pojave fenofaz nekaterih kulturnih rastlin v izbranih srednjeevropskih mestih. Rezultati so pokazali, da fenofaze v mestih nastopajo 6 do 10 dni pred tistimi v okolici mest. Da vegetacijska odeja v mestih tudi sama oblikuje specifične klimatske razmere v mestih, so ugotavljali Emmanuel (2003), Jonsson (2004) ter Thorsson in ostali (2004). Zelene površine v mestih zaradi transpiracije pomenijo dodaten vnos energije v obliki toka latentne toplote, zaradi česar so zelene površine hladnejše od pozidane okolice. Tako Maribor kot Starše kažeta pozitivne trende dolžine vegetacijske dobe, in sicer Maribor za 0,2623 dneva/leto, Starše pa 0,2189 dneva/leto. Razlika v dolžini vegetacijske dobe med Mariborom in Staršami se vsako leto poveča za 0,0434 dneva. Vendar pa so omenjeni podatki le povprečje za celotno obravnavano obdobje. Zaradi različne dinamike gradnje v Mariboru in Staršah so razlike v dolžini vegetacijske dobe v zadnjih 44 letih nihale. Do sredine 70. let 20. stoletja ni bilo vidnih razlik, te pa so se po izgradnji stanovanjskih blokov v Rapočevi in Regentovi ulici severozahodno od opazovalnega prostora začele povečevati. Zaradi prej omenjenih vzrokov so razlike dosegle najvišje vrednosti v začetku osemdesetih let. Takrat je bila dolžina vegetacijske dobe v Mariboru v primerjavi s Staršami daljša za 8 dni, kar je primerljivo tudi z nekaterimi večjimi srednjeevropskimi mesti (Roetzer in ostali 2000). Do sredine 90. let so se te razlike zmanjšale, vendar so ponovno narasle v začetku 21. stoletja. Ob tem je treba pripomniti, da so nadpovprečno topla poletja razlike med Mariborom in Staršami dodatno dušila. Tako datumi temperaturnih pragov kot dolžine vegetacijske dobe kažejo začetke in konce obdobja oziroma trajanje, manj pa to, kakšne so kumulativne kvantitativne razlike v temperaturah. Za ta namen so za analizo pripravni podatki o vsotah aktivnih temperatur nad 10,0 °C. Te predstavljajo kumulativne vsote vseh temperatur nad 10,0 °C. Povprečne vsote aktivnih temperatur v Mariboru so v obdobju 1961–2004 znašale 1302,2 °C, v Staršah pa 1273,4 °C (Žiberna, 2006).

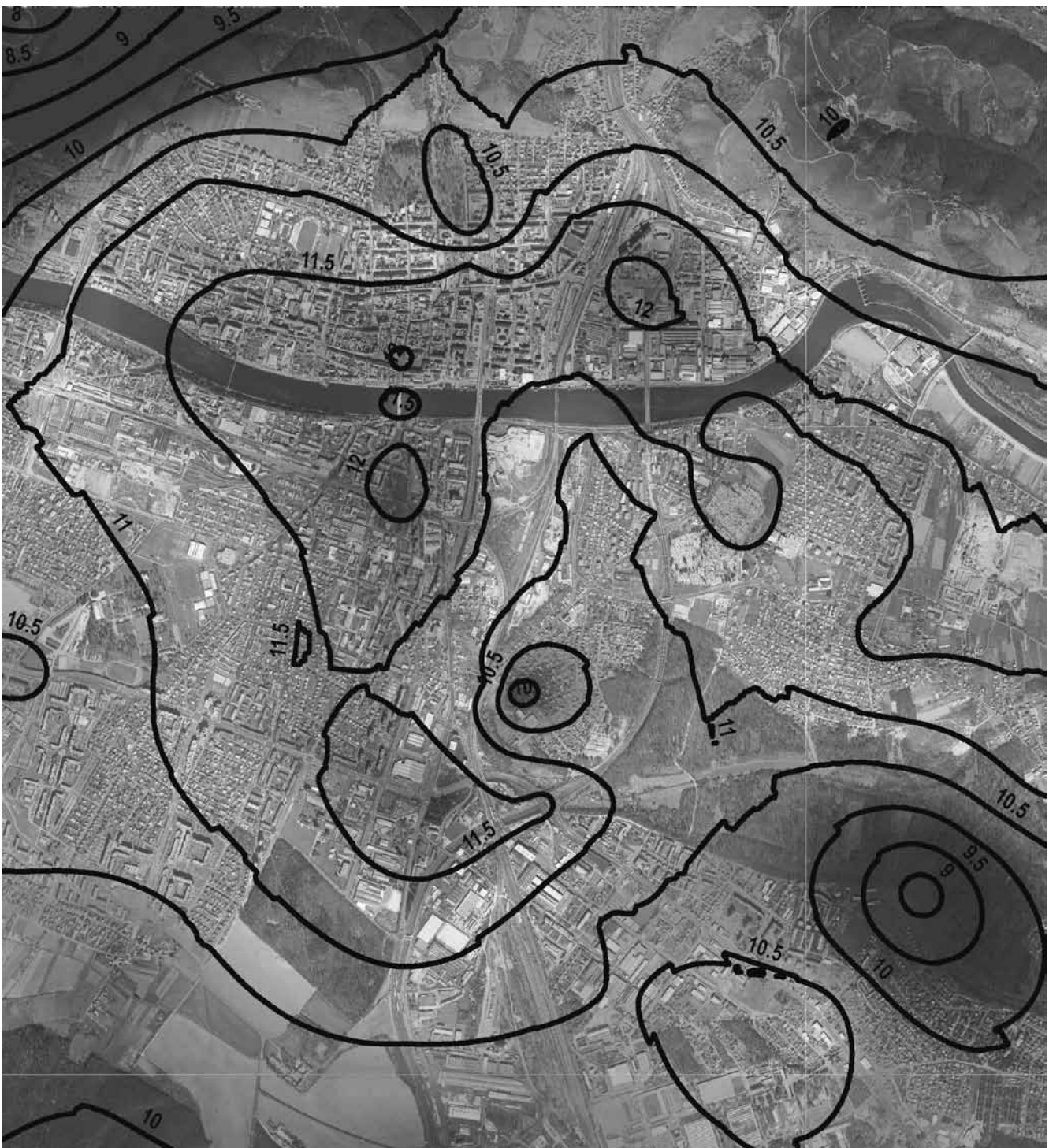
Mestna klima pa se ne manifestira le v povečanih razlikah med mestom in okolico, ampak se zaradi različne gostote pozidanosti in razlik v antropogenih virih energije kaže tudi znotraj samega mesta. Izraz »mestni toplotni otok« v tem smislu pravzaprav ne odraža dovolj natančno resničnega stanja. Za prikaz temperaturnih razmer znotraj bi bil ustrežnejši izraz »mestno toplotno otočje (arhipelag)«, saj se tudi znotraj mesta pojavljajo sorazmerno velike razlike. Razen že omenjenih dejavnikov (raba tal, umetni viri energije) na obseg, obliko predvsem pa intenzivnost toplotnega otoka v mestih vplivata vremenski tip in relief. Anticiklonalni vremenski tip (mirno, jasno vreme) potencira temperaturne razlike med posameznimi deli mesta, medtem ko jih advektivni (vetrovi pihajo ves dan iz stalnih smeri) in ciklonalni vremenski tip (oblačno, deževno vreme) dušijo. Konkavne reliefne oblike (kotanje, nižje terase) znižujejo temperature zraka zlasti v nočnem času. Za pridobivanje podatkov o temperaturnem polju je na voljo več metod, ki jih na tem mestu zaradi omejenega obsega ne bom predstavljal. Med zelo enostavne in priljubljene metode sodijo t. i. maršrutne meritve, pri čemer na kolo ali avto montiramo merilnik tempe-



ratur in nato z vožnjo po vnaprej določeni poti na izbranih merilnih mestih izmerimo temperaturo. Slika 7 prikazuje rezultate več meritev, opravljenih v Mariboru v spomladanskih mesecih ob anticiklonskih (slika 7) in ciklonalno-advektivnih vremenskih situacijah. Jasno so vidne večje razlike v temperaturah ob anticiklonskih vremenskih situacijah, ki so posledica razlik v gostoti pozidanosti in reliefa. Pobrežje, ki leži na nižji terasi, beleži nekoliko nižje temperature kot Tabor (kjer je gostota pozidanosti največja) in Tezno. Jedra toplinskih otokov se pojavljajo tam, kjer se večji gostoti pozidanosti pridruži še vpliv prometa in industrije (južni del Tabora ob križišču Titove, Tržaške, Ptujске in Ceste proletarskih brigad, severni del Tabora, staro mestno jedro, območje med avtobusno in železniško postajo z

Slika 7: Mestni toplotni otok v Mariboru ob anticiklonskih vremenskih situacijah spomladi

Vir: Lastne meritve



industrijskim delom Melja). Najnižje temperature nastopajo na območjih z manjšimi relativnimi višinami in naravno vegetacijo (depresija v stari strugi Drave, ki je pokrita izključno z gozdom in travniki, mestni park). Ob ciklonalno-advektivnih vremenskih situacijah je temperaturno polje mnogo bolj homogeno. Zelene površine v mestih pomagajo zniževati stres zaradi visokih temperatur v poletnih mesecih, hkrati pa modificirajo vodno bilanco. Prav iz tega razloga bi morali zelenim otokom v mestnih jedrih posvečati posebno pozornost.

## Sklep

Danes že več kot polovica svetovnega prebivalstva živi v urbanih okoljih. Ta zaradi specifične rabe tal in človekovega vnosa energije v ozračje oblikuje specifične podnebne razmere. Te se kažejo predvsem v oblikovanju mestnega toplotnega otoka. V splošnem so mesta toplejša od okolice. Največje temperaturne razlike med mestom in okolico se praviloma pojavljajo ponoči, pozimi in ob anticiklonalnih vremenskih tipih. Znotraj mesta obliko, obseg in intenzivnost mestnega toplotnega otoka modificirajo gostota pozidanosti, človekove dejavnosti in relief. Ob globalnem segrevanju se zlasti v mestih, ki ležijo v nižjih in zmernih geografskih širinah, pojavlja toplotni stres, zaradi česar se pomen zelenih površin v mestih še dodatno poveča, saj te poleg ostalih pozitivnih učinkov blažijo pretirano segrevanje v mestnih središčih in modificirajo vodno bilanco.

## Viri in literatura

1. Aerofotoposnetki Maribora in Starš, CAS 1963 in 2003.
2. Arhiv Urada za meteorologijo, Ljubljana 2011.
3. Emmanuel, R., 2003, Assessment of impact of land cover changes on urban bioclimate: the case of Colombo, Sri Lanka. *Architectural Science Review*, 46, 151–158.
4. Fezer, F., 1994, *Das Klima der Städte*. Justus Perthes Verlag, Gotha.
5. Gartland, L., *Heat Island. Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*, London. Earthscan.
6. Jonsson, P., 2004, Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone, Botswana. *International Journal of Climatology*, 24, 1307–1322.
7. Kladnik, R., 1988, *Termodinamika*, Ljubljana. Tehniška založba Slovenije.
8. Landsberg, H., 1981, *The City Climate*, New York. Academic Press.
9. Mekinda-Majaron, Tajda (ur.), 1998, *Klimatografija Slovenije. Stopinjski dnevi in trajanje kurilne sezone 1961–1997*. Ljubljana. HMZ RS.
10. Monteith J.L., Unsworth M.H., 1990, *Principles Of Environmental Physics*, New York. Edward Arnold.
11. Oke, T.R., 1992, *Boundary Layer Climates*, London. Routledge.
12. Petkovšek, Z., Hočevar, Z., 1995, *Meteorologija. Osnove in nekatere aplikacije*. Ljubljana. Biotehnična fakulteta.
13. Roetzer, T., Witzenzeller, M., Haeckel, H. and Nekovar, J., 2000, Phenology in central Europe - differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas, *International Journal of Biometeorology*, 44, 60–66.
14. Sukopp, H., Wittig, R. ur, 1993, *Stadtökologie*, Stuttgart. Gustav Fischer.
15. Thorsson, S., Lindqvist, M. and Lindqvist, S. 2004, Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Goteborg Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48, 149–156.
16. Žiberna, I., 1996, *Mestna klima Maribora*, Doktorska disertacija, Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.
17. Žiberna, I., 2006, Trendi temperatur zraka v Mariboru kot posledica razvoja mestnega toplotnega otoka, *Revija za geografijo*, 2006, 1, št. 1. Medmrežje 1: <http://esa.un.org/unup/>