

POVRŠINSKI MESTNI TOPLOTNI OTOK NA PTUJU

SURFACE URBAN HEAT ISLAND IN PTUJ

Igor ŽIBERNA

Oddelek za geografijo

Filozofska fakulteta

Koroška cesta 160

SI - 2000 Maribor, Slovenija

igor.ziberna@um.si

Received/Priljeno: 28. 3. 2025.

Accepted/Prihvaćeno: 19. 5. 2025.

Original scientific paper/Izvorni znanstveni rad

UDK / UDC: 551.524(497.4Ptuj)

551.58(497.4Ptuj)

SAŽETAK

V članku analiziramo intenzivnost, oblika in sezonski režim površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuj. Predstavljeni in interpretirani so podatki pridobljeni s pomočjo daljinskega zaznavanja satelita Landsat 8. Obravnavane so spremembe površinskega mestnega toplotnega otoka po letnih časih. Analizirali smo tudi vpliv rabe tal na intenzivnost mestnega toplotnega otoka na Ptuj. Izpostavljena so območja, ki se močnejše pregrevajo, ob tem pa opozorili na blažilne učinke zelenih površin znotraj naselja.

Ključne riječi: Mestno podnebje, površinski mestni toplotni otok, toplotna obremenitev, Ptuj

Key words: Urban climate, surface urban heat island, heat load, Ptuj

1. UVOD

Urbana območja v današnjem času predstavljajo za človeštvo prevladujoč ekosistem, saj v mestih prebiva 55 % svetovnega prebivalstva. Projekcije kažejo, da bi se ta delež do sredine 21. stoletja lahko povečal na 68 %. Najvišji deleži urbanega prebivalstva so bili leta 2018 v Severni Ameriki (82 %), Južni Ameriki (81 %), Evropi (74 %) in Oceaniji (68 %). Delež urbanega prebivalstva v Aziji je okoli 50 %, Afriki pa 43 %. Tokio je največje mesto na svetu z aglomeracijo 37 milijonov prebivalcev, sledijo New Delhi z 29 milijoni, Šanghaj s 26 milijoni ter Mexico City in São Paulo, vsak s približno 22 milijoni prebivalcev. Danes imajo Kairo, Mumbaj, Peking in Daka skoraj 20 milijonov prebivalcev. Napovedi kažejo, da bo do leta 2030 na svetu 43 megamest z več kot 10 milijoni prebivalcev, večinoma v regijah v razvoju. Najhitreje rastoča urbana strnjena mesta so tista z manj kot 1 milijonom prebivalcev. Medtem ko eden od osmih ljudi živi v 33 velemedstih po vsem svetu, skoraj polovica svetovnih urbanih prebivalcev prebiva v naseljih z manj kot 500.000 prebivalci (Medmrežje 1).

Urbani ekosistemi predstavljajo eno od skrajnih oblik t.i. grajenega, energijsko podprtega antropogenega ekosistema, za katerega so značilni prevladujoči antropogeni viri energije, spremenjena raba tal in večja energijska gostota v primerjavi z naravnimi ekosistemi (Douglas, 1983; Forman, 2014; Douglas, James, 2015; Errell, Pearlmutter, Williamson, 2015; Oke, Mills, Christen, Voogt, 2017).

Ena od najizrazitejših oblik manifestiranja urbanih ekosistemov je oblikovanje mestnega podnebja, ki nastane zaradi spremenjene energijske in masne bilance (Douglas, James, 2015; Žiberna, 1996). Mestno podnebje se izraža v spremenjenih podnebnih elementih kot so smer in hitrost vetra, absolutna in relativna vlaga in vodna bilanca, najizraziteje pa v oblikovanju mestnega toplotnega otoka, za katerega so značilne višje temperature zraka v primerjavi s tistimi v okolici mesta. V mestu se namreč oblikuje značilno temperaturno polje, v okviru katerega obravnavamo ne le razlike med mestom in okolico, pač pa tudi razlike med posameznimi deli znotraj mest. Zaradi gradnje se je v mestih povečal delež materialov, kot so opeka, naravni kamen, beton in asfalt. Spremenjene fizikalne lastnosti površja v naseljih so povzročile spremembo energijske bilance. Beton ima v primerjavi z vlažnimi tlemi tudi do šestkrat večjo toplotno prevodnost (konduktivnost) in skoraj dvakrat večjo toplotno kapaciteto (Oke

1990, str. 259), zato se podnevi počasi segreva, ponoči pa počasi ohlaja. Mesto s svojimi pozidanimi površinami deluje kot nekakšna 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 zato pogosto nastopajo 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. Na intenzivnost mestnega toplotnega otoka vpliva tudi morfologija zgradb: toplotne izgube v ozkih ulicah z visokimi stavbami so ponoči nižje (Oke, 1990).

Delež z vegetacijo poraslih površin je v urbanih okoljih nižji, kar vpliva tudi na nižjo evapotranspiracijo, s tem pa tudi na nižjo količino porabljene latentne energije. Odrasla bukev lahko v času vegetacije dnevno transpirira tudi do 300 l vode, za vsak liter izhlapele vode pa se porablja 2,5 MJ energije (Petkovšek, Hočevvar, 50). Vegetacija torej deluje kot naravni hladilnik v ekosistemu. Ker je vegetacije v mestu manj se to odraža v nižjih toplotnih izgubah in dodatnem segrevanju zraka v primerjavi z okolico mesta. 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. Regionalno podnebje 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 podnebnih razmer v mestu, t.j. do »mestne klime« (Žiberna, 1996).

Ob nadaljevanju sedanjih trendov višanja temperatur lahko v poletnih mesecih ob anticiklonskih vremenskih situacijah pričakujemo vedno pogostejša obdobja z velikimi toplotnimi obremenitvami. Zato bo prilagajanje nanje nujno tudi v manjših naseljih z zgoščeno pozidavo. Evropska okoljska agencija predlaga tri vrste ukrepov prilagajanju vedno pogostejšim toplotnim obremenitvam v naseljih: sive (kakovostna izolacija stavb, uporaba zunanjih žaluzij ali polken na oknih, pasivno hlajenje stavb, urbanistično zasnovo naselij, ki omogoča prevetrenost), zelene (ohranjanje in širjenje zelenih površin v mestih, uvajanje zelenih zidov in zelenih streh) in mehke (ozaveščanje prebivalstva, kartiranje toplotnih otokov in monitoring) (EEA, 2012, 31). Pomen preučevanja toplotnih otokov tudi v manjših naseljih je zato ključnega pomena za ozaveščanje ljudi, opozarjanje na morebitne prihajajoče toplotne obremenitve in ohranjanje kakovostnega bivalnega okolja. Po podatkih Evropske okoljske agencije je v obdobju 1991-2015 v Evropi zaradi vročinskih valov v povprečju umrlo 192 prebivalcev na milijon prebivalcev. Če odštejemo območje vzhodne Evrope, kjer ob naravnih nesrečah največ ljudi umre zaradi zelo nizkih temperatur, so vročinski valovi daleč najpogostejši vzrok za pojav smrti med vsemi naravnimi nesrečami in za velikostni razred ali dva presegajo smrtnost zaradi ostalih naravnih nesreč. Ob vročinskem valu leta 2003 je v Evropi zaradi neposrednih posledic stresa ob visokih temperaturah umrlo 70 000 ljudi (Robine et al., 2008). Vročinski val, ki je poleti leta 2010 zajel Rusijo, je tam zaradi visokih temperatur terjal 20 000 življenj (Parsons, 2014, 323; Medmrežje 2). Visoke temperature povzročajo tudi psihološki stres in povečujejo medosebne konflikte ter druge oblike patološkega ravnanja ljudi (Hsiang, Marshall, Edward, 2015). Študije so pokazale, da v ZDA vsako povečanje temperature zraka za 1°C nad 15°C znižuje produktivnost za 1,7 % (Hsiang, Deryugina, 2014).

Empirično je potrjeno dejstvo, da vsako gručasto naselje z nad 1000 prebivalci že oblikuje prepoznaven toplotni otok (Bonan, 2008, 522). V začetku leta 2024 je v Sloveniji v 240 naseljih z nad 1000 prebivalcev živelo kar 56,8 % prebivalstva (Medmrežje 3). Večina prebivalcev Slovenije je torej tako ali drugače pod vplivom višjih temperatur zaradi segrevanja zraka v naseljih. Dodatno k toplotnemu obremenjevanju prispevajo pozitivni trendi zaradi globalnega segrevanja. Na območju Slovenije so trendi dviga povprečne temperature zraka v 20. stoletju bili višji od evropskega povprečja in so znašali 0,34°C na desetletje, medtem ko so se na območju severovzhodne Slovenije v obdobju 1961-2016 temperature zraka dvigale s trendom med 0,33°C in 0,44°C na desetletje, v poletnih mesecih pa celo s trendom med 0,44°C in 0,59°C na desetletje (Žiberna 2017). Poletni meseci z vse pogostejšimi vročin-

skimi valovi postajajo tudi v manjših naseljih vzrok za veliko toplotno obremenitev in tako vplivajo na zdravje in produktivnost prebivalstva. Bolj ogroženi so starejši in otroci, bolniki s srčno-žilnimi boleznimi in obolenji dihal, diabetiki, bolniki z obolenjem ledvic, bolniki z duševnimi motnjami in nepokretni. Na njihovo ogroženost lahko dodatno vplivajo nizek socialno-ekonomski status, socialna izoliranost, slabša dostopnost do zdravstvenih storitev in nasploh slabši bivalni pogoji (Parsons, 2014, 323).

Letni režim intenzivnosti mestnega toplotnega otoka (urban heat island ali UHI) in površinskega mestnega toplotnega otoka (surface urban heat island ali SUHI) je bila do sedaj že večkrat predmet raziskav. Bechtel in ostali (Bechtel et al., 2019) ugotavljajo, da je v nekaterih priobalnih mestih v ZDA (San Francisco, Los Angeles, San Diego) intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka največja v spomladanskih mesecih, najmanjša pa pozno poleti, medtem ko je v mestih kot Fresno in Sacramento največja v septembru in oktobru. Zaradi namakanja mest v semiaridnih območjih (npr. Phoenix) le-ta poleti in jeseni beležijo celo pojav nižjih temperatur v primerjavi z okolico (urban cold island). Zhou in ostali (Zhou et al, 2016) so za London ugotovili, da intenzivnost mestnega toplotnega otoka doseže maksimum okoli poletnega solsticija, medtem ko so najvišje temperature v mestu dosežene praviloma konec julija in v začetku avgusta. Pongracz s sodelavci (Pongracz et al., 2010) je za evropska mesta (München, Milano, Varšava, Budimpešta) ugotovil, da se največja intenzivnost mestnega toplotnega otoka podnevi pojavlja v poletnih mesecih (junija in julija), najmanjša pa pozimi (med novembrom in februarjem). Ponoči je intenzivnost mestnega toplotnega otoka enakomerna med marcem in oktobrom, medtem ko v hladni polovici leta praviloma oslabi. Nakamura s sodelavci (Nakamura et al., 2018) ugotavlja, da je v japonskem mestu Kumagaya podnevi intenzivnost mestnega toplotnega otoka najvišja v poletnih mesecih, medtem ko je ponoči najbolj razvit spomladi, pri čemer je ponoči intenzivnost vse mesece višja kot podnevi.

2. METODOLOGIJA

V članku obravnavamo površinski mestni toplotni otok (razporeditev temperatur površja) na Ptuj. Uporabili smo metodo daljinskega zaznavanja in sicer posnetke satelita Landsat 8 v 10. in 11. kanalu (oba beležita sevanje v infrardečem delu spektra), na osnovi katerih lahko pridobimo podatke o temperaturah površja (land surface temperature ali LST). Satelit v svoji orbiti obkroži Zemljo v 99 minutah in vsak delček zemeljskega površja posname na vsakih 16 dni. V primeru, da je nad danim površjem popolnoma jasno vreme, lahko te posnetke uporabimo za interpretacijo temperatur površja. Landsat 8 snema v termičnem kanalu v osnovi z resolucijo 100 m x 100 m, vendar so kasneje podatki prevzorčeni na prostorsko resolucijo 30m x 30m. Posnetki so bili narejeni okoli 11. ure po srednjeevropskem času (Jensen, 2014; Medmrežje 4). Temperature v obeh kanalih smo povprečili in upoštevali tudi atmosfersko korekcijo. Za potrebe naše analize smo uporabili 22 satelitskih posnetkov za dneve, v katerih je bilo nad Ptujem popolnoma jasno vreme. Uporabljeni posnetki zajemajo časovno okno med 31. marcem 2019 in 11. avgustom 2024. Ker se v omenjenem obdobju raba tal na Ptuj, predvsem v kontekstu spremembe pozidanih površin ni zelo spremenila menimo, da je časovno obdobje ustrezno. Posnetki so enakomerno razporejeni po podnebnih letnih časih (po pet posnetkov pozimi, spomladi, poleti in jeseni). Na osnovi podatkov površinskega mestnega toplotnega otoka smo izračunali povprečne temperature površja po podnebnih letnih časih. V čas zime so uvrščeni december, januar in februar, v čas pomladi marec, april in maj, v čas poletja junij, julij in avgust, v čas jeseni pa september, oktober in november. Potrebno je dodati še, da so temperature površja zlasti v topli polovici leta višje od temperatur zraka na višini 2 m (Petkovšek, Hočevar, 1995, 43-44).

Podatke o temperaturah površja smo primerjali z rabo tal, predvsem s stopnjo pozidanosti. V ta namen smo uporabili podatke Urbanega atlasa (Medmrežje 5) za obravnavano območje Ptuja.

V nadaljevanju smo izračunali povprečne sezonske temperature površja po posameznih kategorijah Urbanega atlasa. Intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka smo na koncu izračunali tako, da smo kot referenčno temperaturo površja v vsaki sezoni privzeli tisto na pašnikih/travniki, nato pa le-te odšteli od povprečnih temperatur v ostalih kategorijah rabe tal v dani sezoni. Po merilih Svetovne meteorološke organizacije (WMO) se namreč meteorološke meritve v zmernih geografskih širinah opravljajo na travno površino, ki kot tako predstavlja referenčno obliko rabe tal (WMO, 2008). Rezul-

tate smo prikazali tudi prostorsko. Za nazornejši prikaz razlik v temperaturah površja med posameznimi deli Ptuja in vpliv rabe tal na intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka smo čez temperaturno polje na Ptuj izdelali tudi dva tipična temperaturna profila in rezultate interpretirali.

3. GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Naselje Ptuj se je razvilo na območju, kjer se dravska terasa nad poplavno ravnico na desnem bregu reke Drave najbolj približa Slovenskim goricam na levem bregu Drave. Na tem mestu je bil naravni in najmanj oviran prehod preko poplavne ravnice med obema bregovima Drave med Mariborom in Ormožem. Po drugi strani pa območje današnjega Ptuja predstavlja hidrogeografsko in reliefno žarišče, v katerem se poleg reke Drave stikajo še dolina potokov Grajena in Rogoznica, v širšem prostorskem smislu pa tudi dolina spodnjega toka reke Pesnice. Tod poteka tudi ena od najkrajših prometnih povezav med Panonsko nižino in Jadranskim morjem (Baš, 1933, 83-86). Na območju Ptuja je tudi vozlišče starejših lokalnih prometnih poti proti Mariboru (po Dravskem polju in po dolini Grajene čez Vurberk), Lenartu (po dolini Rogoznice čez Zavrh in po dolini Pesnice), Gornji Radgoni (čez Juršince), Ormožu, Varaždinu (mimo Borla in Zavrča) in proti Slovenskim Konjicam (čez Majšperk in Poljčane) (Maučec, 1980, 373).

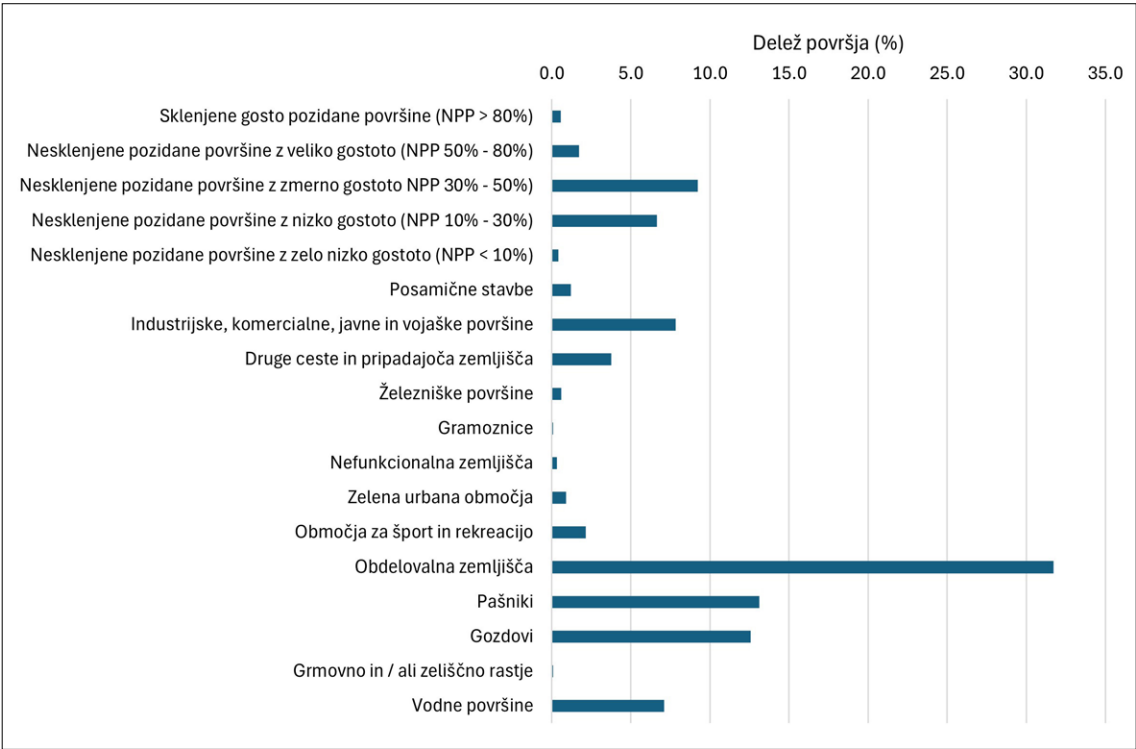
Širše območje Ptuja je bilo poseljeno že v mlajši kameni dobi, jedro naselbine pa je nastajalo pod Grajskim gričem ob jantarski poti med Baltikom in Sredozemljem. V 14. stoletju je Ptuj postal močno trgovsko mesto, saj je pridobil sejemske pravice (Ciglencečki, 1980, 376). V novi dobi je Ptuj ves čas tekmoval za gospodarsko prevlado s sosednjim Mariborom (npr. »vinska vojna«, ki se konča v 15. stoletju). Tekmo z Mariborom je dokončno izgubil z izgradnjo železniške povezave med Dunajem in Trstom v sredini 19. stoletja, ki je povzročila pospešen razvoj industrije v Mariboru. Tudi izgradnja železniške proge med Pragerskim in Kotoribo leta 1864 Ptuj ni prinesla bistvenega gospodarskega napredka in mesto je začelo stagnirati, okolica pa je ostala izrazito agrarna. Po 2. svetovni vojni se je v mestu začela pospešeno razvijati predelovalna industrija in trgovina, z odprtjem Term Ptuj v 70. letih 20. stoletja pa tudi turizem (Bračič, 1980, 363-364). Število prebivalcev v naselju Ptuj se je od leta 1869, ko je to znašalo 3791 do leta 2024 dvignilo na 23872 oziroma za 6,2 krat. Do konca 2. svetovne vojne je bila rast števila prebivalcev zmerna. V obdobju med 2. svetovno vojno in osamosvojitvijo Slovenije je zaradi deagrarizacije in industrializacije število prebivalcev naraslo s 5368 (leta 1948) na 11269 (leta 1991) ali za dvakrat. Števila prebivalcev naselje Ptuj se je več kot podvojilo med leti 1991 in 2024, saj se je dvignilo z 11269 na 23872 (povečanje za 2,1 krat) (Medmrežje 7). Rast števila prebivalstva v zadnjih desetletjih je posledica priseljevanja, medtem ko je naravni prirast negativen (Novak in ostali, 2023). Danes sodi naselje Ptuj med večja slovenska naselja, saj po številu prebivalcev zaseda 8. mesto. Po gostoti prebivalstva se je leta 2024 naselje Ptuj med skupaj 6039 naselji v Sloveniji nahajalo na 11. mestu, po površini naselja pa na 55. mestu. V slovenskem merilu sodi Ptuj med naselja, ki so že zelo zanimiva za preučevanje antropogenih vplivov na spreminjanje lokalnega podnebja.

Na obravnavanem območju, ki poleg gosto pozidanega mestnega jedra zaradi primerjave zajema tudi ruralno okolico prevladujejo obdelovalna zemljišča, ki pokrivajo 31,5 % površja. Travniki in pašniki pokrivajo 12,9 %, gozdovi pa 11,9 % površja. Nesklenjene pozidane površine pokrivajo skupaj 18,8 % površja. Med nesklenjenimi pozidanimi površinami prevladujejo tiste s 30 % - 50 % nepropustnega površja, sledijo pa jim pozidane površine z 10 % - 30 % nepropustnega površja in pozidane površine s 50 % - 80 % nepropustnega površja. Sklenjene pozidane površine z nad 80 % nepropustnega površja pokrivajo 0,6 % površine obravnavanega območja. Opazen delež površja pokrivajo tudi industrijske, komercialne in javne pozidane površine (8,2 %). Posamične stavbe pokrivajo 1,1 % površja. Pozidane površine z različnimi funkcijami torej skupaj pokrivajo 28,1 % obravnavanega površja. Zeleni urbana območja pokrivajo 1,0 % površja (Slika 2).

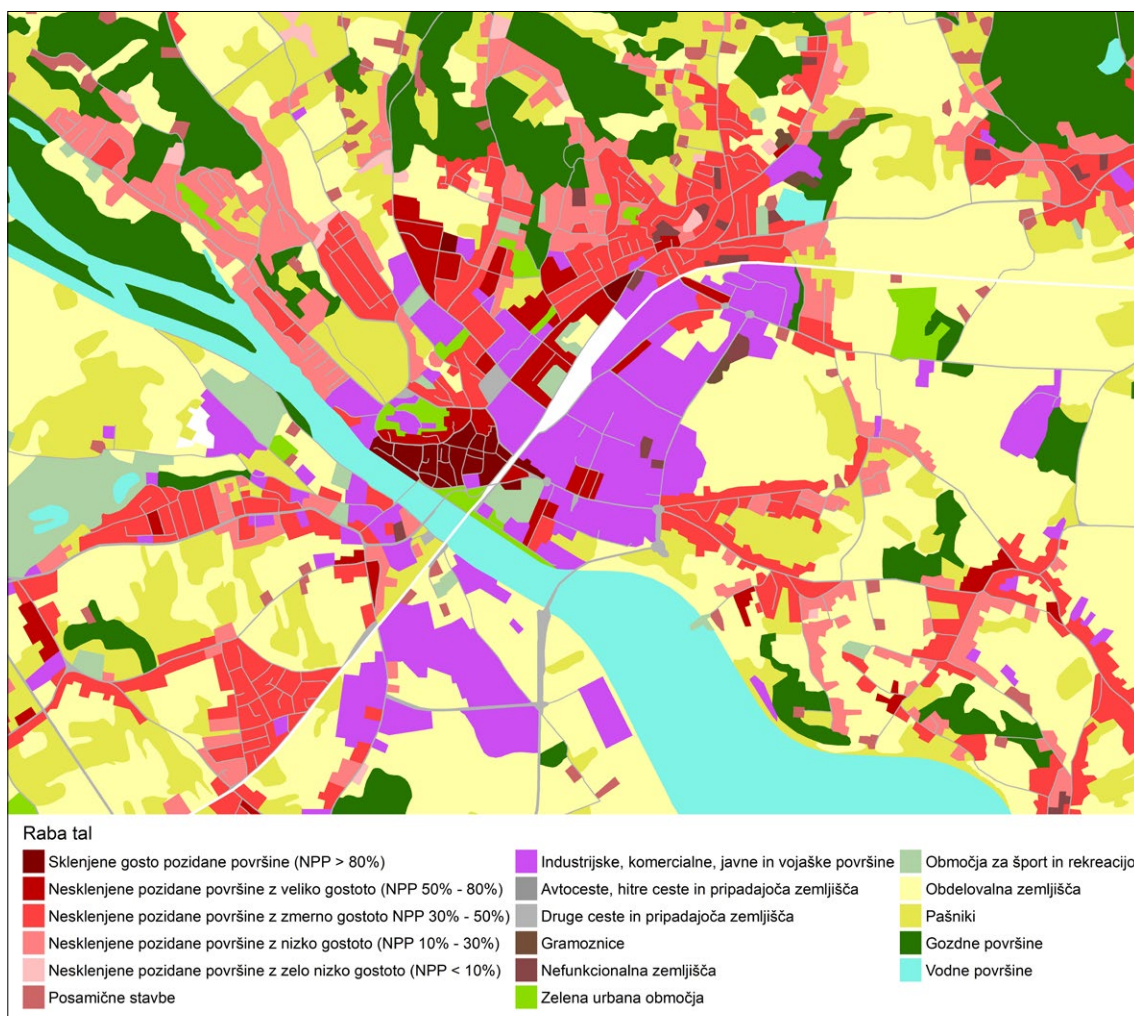
Največje območje s sklenjenimi gosto pozidanimi površinami z nad 80 % nepropustnega površja se nahaja na območju starega mestnega jedra med Grajskim gričem in reko Dravo, ter med Sončnim parkom na zahodu in Osojnikovo cesto na vzhodu. Dve manjši zaplati najgosteje pozidanih površin se nahajata še ob Ormoški cesti vzhodno od podvoza pod železniško progo, poleg tega pa še v trikotniku med Osojnikovo in Potrčevo cesto ter na območju stanovanjskih blokov ob križišču Ulice 5. prekomor-



Slika 1: Obravnavano območje naselja Ptuj.
Vir: Medmrežje 6.



Slika 2: Struktura rabe tal na obravnavanem območju.
Vir: Medmrežje 5; Lastni izračuni, 2025.



Slika 3: Raba tal na območju Ptuja.

Vir: Medmrežje 5.

ske in Ulice 25. maja. Območja z industrijskimi, komercialnimi in javnimi površinami so izrazito skoncentrirana v vzhodnem delu Ptuja vzhodno in južno od železniške proge Ptuj-Ormož, od koder segajo do Drave na jugu in do Puhove ulice na vzhodu, ob krožišču pri Ormoški cesti pa še dlje proti vzhodu. Drugo tako večje območje se nahaja na desnem bregu Drave ob Zagrebški cesti. Zelenih urbanih območij v naselju ni veliko: nahajajo se na pobočjih Grajskega griča, pokopališča, na območju vrtov med Kvedrovo ulico in Osojnikovo cesto in še v nekaterih manjših zaplatah. Večje gozdne površine se nahajajo ob koritu Drave v Orešju, na pobočjih Mestnega vrha in severno od Podvincev. Obdelovalne površine obrobajo mesto na vseh straneh, v največjih sklenjenih kompleksih pa se pojavljajo med Hajdošami in Skorbo, med Mariborsko in Rogaško cesto, jugovzhodno od Zagrebške ceste in ceste Ob Dravi (vse na desnem bregu Drave), ob Grajeni in ob Rogoznici (vse na levem bregu Drave) (Slika 3). Naselje torej predstavlja zanimivo kombinacijo kategorij rabe tal, v katerih se zrcalijo starejši elementi (staro mestno jedro, obsežna kmetijska območja v okolici) in posledice preobrazbe naselja v zadnjih tridesetih letih (površine s storitvenimi in industrijskimi dejavnostmi, ki predstavljajo prehodno cono med starim mestnim jedrom in kmetijskimi območji v okolici).

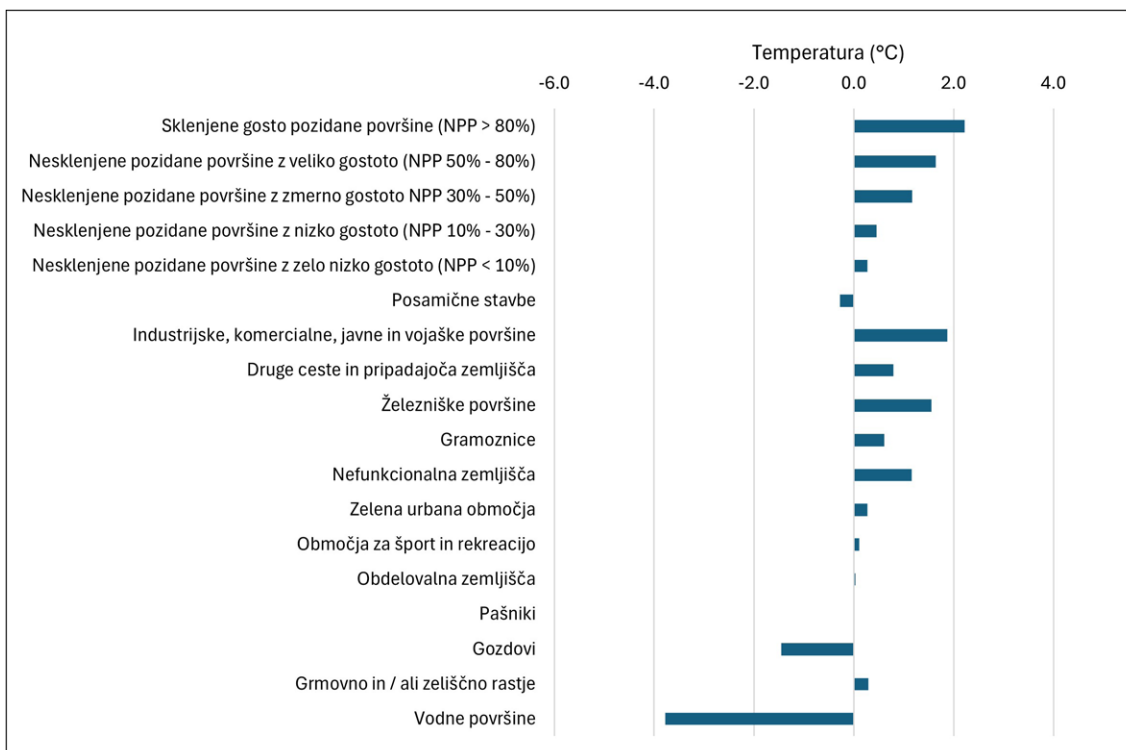
4. REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1. Povprečni površinski mestni toplotni otok na Ptuju

Povprečni površinski mestni toplotni otok na Ptuju predstavlja povprečne temperature površja vseh podnebnih letnih časov. V tem smislu dobro nakazuje na splošne značilnosti oblike, velikosti in intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuju, vendar pa zakriva njegove specifične značilnosti po letnih časih, zato je na površinski mestni toplotni otok potrebno gledati z obeh vidikov.

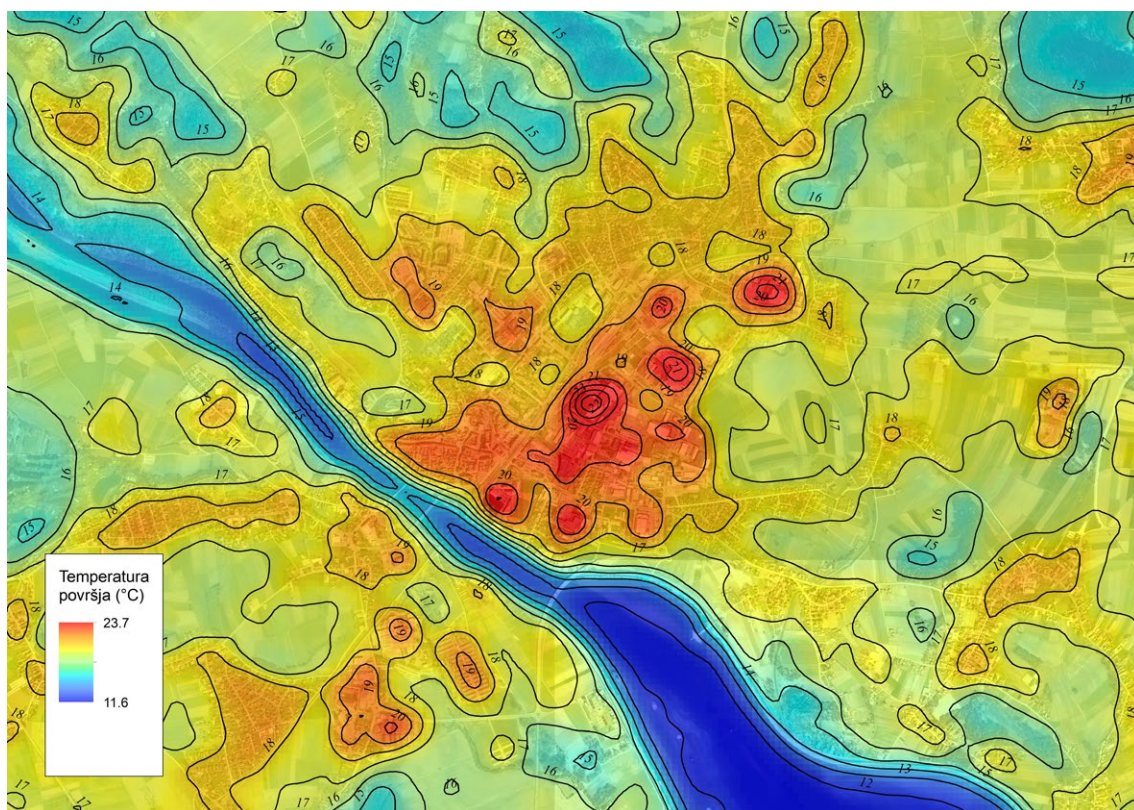
Povprečne temperature površja na letnem nivoju znašajo 17,1 °C, pri čemer je najvišja povprečna temperatura piksla 18,9 °, najhladnejšega pa 12,9 °C, kar pomeni, da se povprečne temperature na obravnavanem območju razlikujejo za 6,0 °C. Temperatura absolutno najtoplejšega piksla je 23,7°C. Ta se nahaja na območju Trgovskega centra in distribucijskega centra Mercator ob Rogozniški cesti. Temperatura absolutno najhladnejšega piksla znaša 5,0 °C in se nahaja na območju korita reke Drave v severozahodnem delu Ptujkega jezera, medtem ko je najhladnejši piksel na kopnem s temperaturo 14,2 °C na osovjem pobočju odrastka Mestnega vrha. Temperaturna amplituda povprečnih ekstremnih temperatur na kopnem torej znaša 9,5 °C, če pa upoštevamo še korito reke Drave, pa se poviša na 18,7 °C. V nadaljevanju smo podatke po kategorijah rabe tal normalizirali, pri čemer smo za izhodiščno vrednost privzeli temperature na travnikih in pašnikih. Na ta način smo dobili podatke o intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka na letnem nivoju. Temperature izstopajo v pozitivno smer za dobre dve stopinji Celzija (na najgostejše pozidanih območjih in na industrijskih in komercialnih površinah), medtem ko so na vodnih površinah te nižje za skoraj 4 °C, na gozdnih površinah pa za 1,5 °C (Slika 4).

Na obravnavanem območju se kaže dobro ujemanje med rabo tal (oziroma gostoto pozidanosti) in temperaturo površja. Najvišje povprečne letne temperature se nahajajo na sklenjenih gosto pozidanih območjih z deležem nepropustnega površja nad 80 % (18,9 °C), na industrijskih in komercialnih površinah (18,6 °C), na nesklenjenih pozidanih površinah z nepropustnostjo površja med 50 % in 80 % (18,3 °C) in na nesklenjenih pozidanih površinah z nepropustnostjo površja 30 % do 50 % (17,9 °C). Najhladnejše so vodne površine (reka Drava) s temperaturo 12,9 °C in gozdovi (15,2 °C). Pogled na karto



Slika 4: Letna intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuju glede na kategorije rabe tal.

Vir: Lastni izračuni, 2025.



Slika 5: Povprečne letne temperature površja na Ptuj.

Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

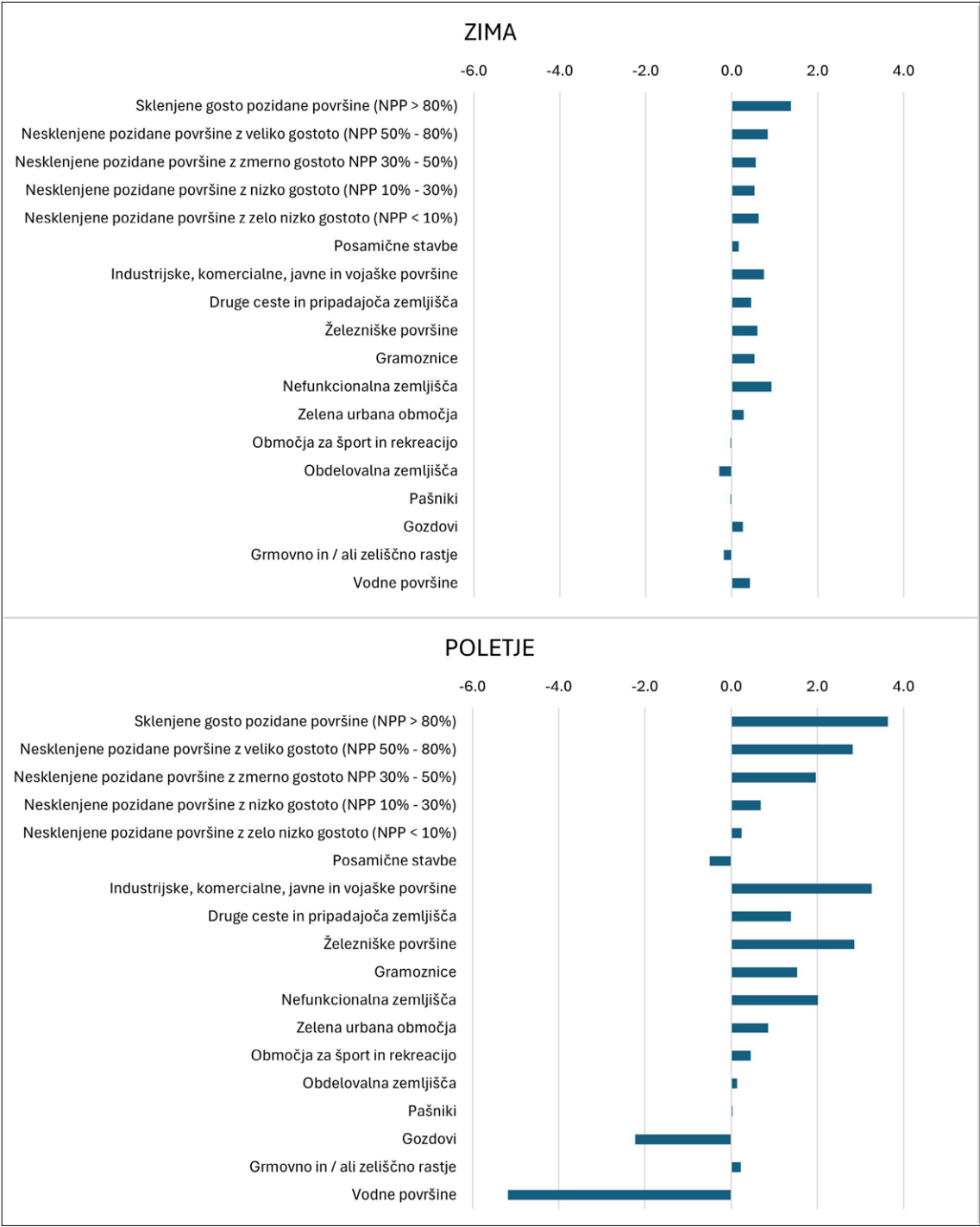
temperatur površja kaže, da se na letnem nivoju najbolj segreva zahodni, severozahodni in jugozahodni del mesta, kjer se nahajajo predvsem obsežne površine storitvene in proizvodne dejavnosti (zahodno od železniške proge). Pri tem izstopajo že prej omenjeni trgovski in distribucijski center Mercator ob Rogozniški cesti, nakupovalno središče ob Puhovi ulici in Rogozniški cesti, nakupovalno središče ob Dornavski cesti v severovzhodnem delu mesta in območje proizvodne dejavnosti med železniško progo in Rogozniško cesto. Toplejše je tudi staro mestno jedro v trikotniku med reko Dravo, Grajskim gričem in Osojnikovo cesto. Višje letne temperature se pojavljajo še na območjih manjših toplotnih otočkov ob Zdravstvenem domu Ptuj in Splošni bolnišnici dr. Jožeta Potrča Ptuj ter med Šolskim centrom Ptuj in nakupovalnim središčem ob Volkmerjevi cesti. Na desnem bregu z višjimi temperaturami izstopajo območje med Cestnim podjetjem Ptuj in nakupovalnim središčem ob Zagrebški cesti ter območje Perutnine Ptuj med Zagrebško cesto in cesto Ob Dravi.

V naselju se pojavlja tudi nekaj zaplat z nižjimi povprečnimi letnimi temperaturami površja. Izstopata severno pobočje Grajskega griča, ki je pretežno zatravljeno in s posameznimi drevesi in pretežno travnata Panorama. Nekoliko nižje so temperature tudi na območju vrtov, travnikov in posameznih dreves jugovzhodno od Kvedrove ulice ter med Osojnikovo cesto, Potrčevo cesto in Gregorčičevim drevoredom. Nekoliko nižje temperature so tudi na neasfaltiranem in deloma zatravljenem parkirišču ob Panonski ulici (Slika 5).

4.2. Letni režim površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuj

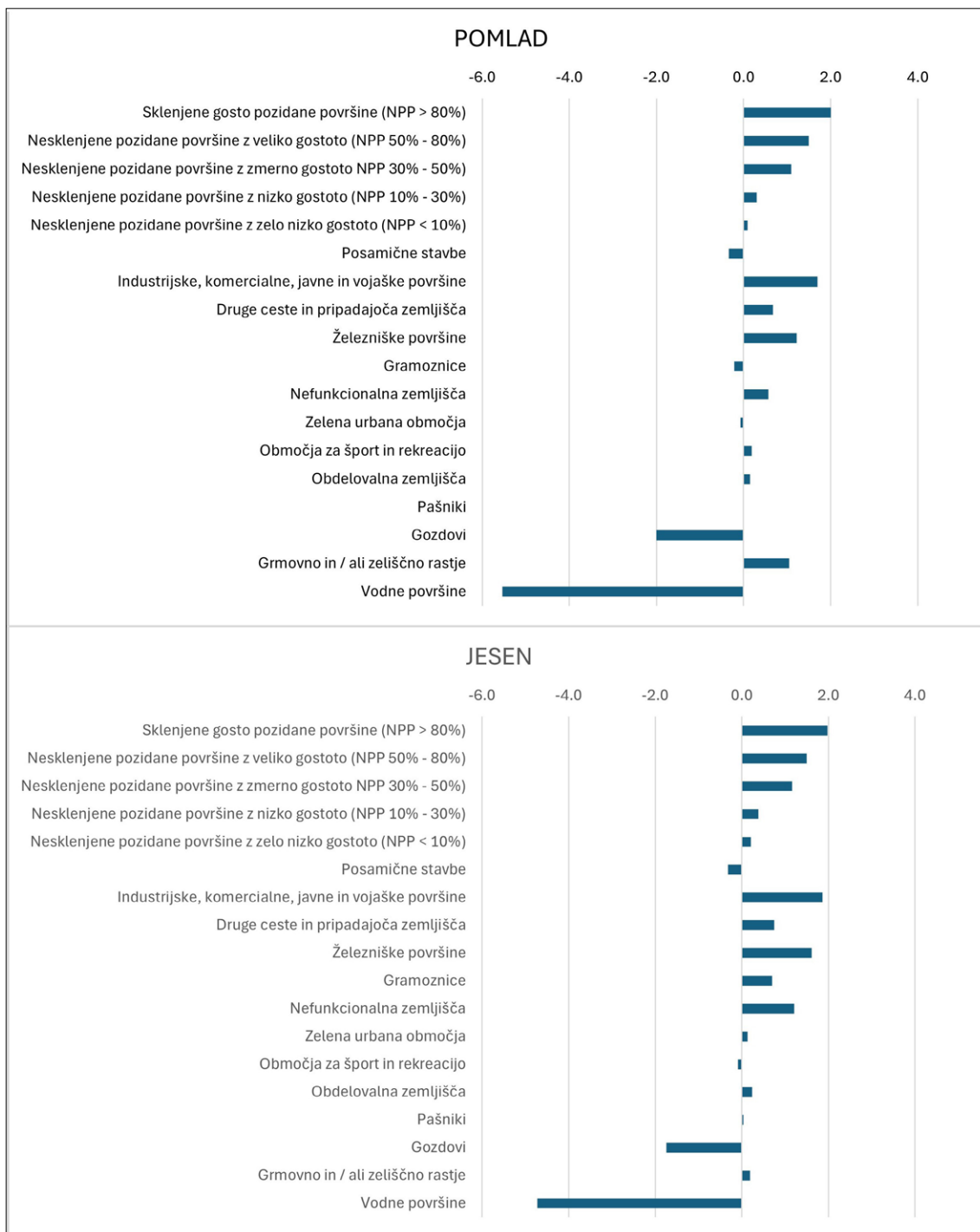
Površinski mestni toplotni otok ima tudi svoj letni režim, ki je posledica spremembe dolžine dneva, višinskega kota Sonca, fenofaz vegetacijskega pokrova in zlasti v zimskih mesecih prisotnosti snežne odeje.

Povprečne temperature površja na obravnavanem območju znašajo pozimi 1,0 °C, spomladi 16,9 °C, poleti 28,8 °C in jeseni 21,6 °C. Zimske in poletne temperature so razumljive. Da so povprečne jesenske



Slika 6a: Intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptujju glede na kategorije rabe tal po letnih časih.
Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

temperature za kar 4,7 °C višje od spomladanskih je posledica stanja v predhodnem letnem času: spomladi je površje ohlajeno od zime, jeseni pa pregreto od poletja. V času zime nastopajo tudi najmanjše temperaturne razlike med različnimi kategorijami rabe tal. Razlika med povprečno maksimalno in povprečno minimalno temperaturo na obravnavanem območju pozimi znaša 1,7 °C, spomladi 7,5 °C, poleti 8,8 °C in jeseni 6,7 °C.



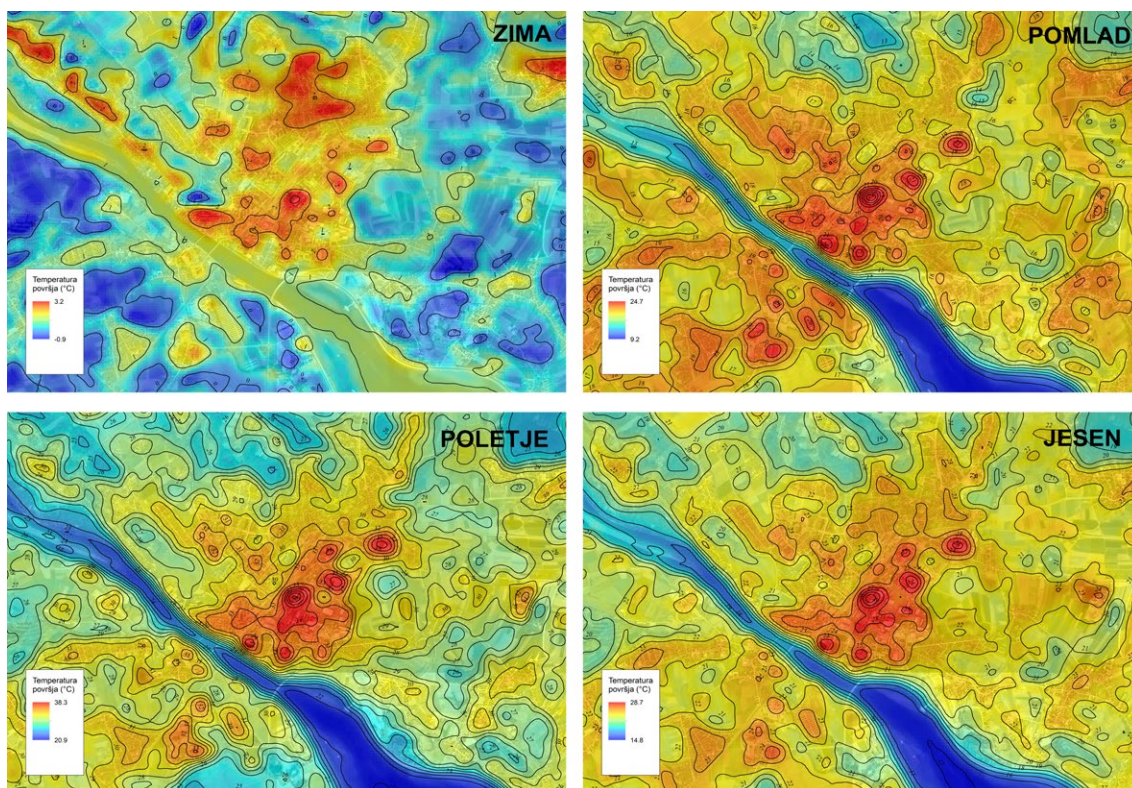
Slika 6b: Intenzivnost površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptujju glede na kategorije rabe tal po letnih časih.
Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni, 2025.

Vpliv kategorij rabe tal na temperature površja kaže v vseh letnih časih podoben vzorec: najvišje temperature se pojavljajo na gostejše pozidanih območjih, najnižje pa (razen pozimi) na vodnih površinah in na območjih gozdov. V času zime so povprečne temperature na območju sklenjenih gosto pozidanih površinah z neprepustnostjo površja nad 80 % 2,0 °C, na neskenjenih pozidanih površinah z neprepustnostjo površja med 50 % in 80 % ter na industrijskih in komercialnih površinah pa po 1,4 °C. Najnižje zimske temperature so na obdelovalnih površinah 0,3 °C ter na grmovnem in / ali zeliščnem

rastju (0,4 °C), vendar slednja pokriva le 0,1 % obravnavanega površja. Obdelovalna zemljišča, ki pokrivajo 31,5 % površja so v času zime pretežno pod snežnim pokrovom, zato so temperature tu pričakovano nižje. Vodne površine (reka Drava in Ptujsko jezero) se zaradi velike specifične toplote pozimi ne ohladijo tako močno kot kopno (Šegota, 1996, 62-63). Spomladi najvišje temperature površja nastopajo na območju sklenjenih gosto pozidanih površin z deležem nepropustnega površja nad 80 % (18,8 °C), na industrijskih in komercialnih površinah (18,5 °C) in na nesklenjenih pozidanih površinah (18,3 °C). Najnižje temperature so na vodnih površinah (11,3 °C) in na gozdnih površinah (14,8 °C). Tudi poleti so najvišje temperature površja na sklenjenih gosto pozidanih območjih z nepropustnostjo nad 80 % (31,6 °C) in na industrijskih in komercialnih površinah (31,3 °C), sledijo pa železniške površine (30,9 °C) in nesklenjene pozidane površine z nepropustnostjo površja med 59 % in 80 % (30,8 °C). Najhladnejše so vodne površine (22,8 °C) in gozdne površine (25,8 °C). Ob tem naj omenimo, da železniške površine v skupni strukturi rabe tal predstavljajo 0,6 % površja in da so te skoncentrirane predvsem na območje železniškega kolodvora med Osojnikovo in Rogozniško cesto, kjer je zaradi pripadajoče infrastrukture delež pozidanega površja prav tako visok. Jeseni se temperaturne značilnosti ponovijo: najtoplejša so sklenjena gosto pozidana območja (23,3 °C), in industrijske in komercialne površine (23,2 °C), sledijo pa nesklenjene pozidane površine s stopnjo nepropustnosti med 50 % in 80 % (22,8 °C) ter nesklenjene pozidane površine s stopnjo nepropustnosti med 30 % in 50 % (22,5 °C). Najhladnejše so vodne površine (16,6 °C) in gozdne površine (19,6 °C).

Morda so bolj izpovedni normirani podatki temperatur površja po kategorijah rabe tal, pri čemer smo kot referenčne privzeli temperature na travnikih in pašnikih, nato pa izračunali razlike temperatur površja posameznih kategorij rabe tal od tistih na travnikih in pašnikih. Na ta način smo dobili podatke o letnem režimu intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptujju glede na kategorije rabe tal (Slika 6). Nazorno lahko opazimo spreminjanje razlik temperatur površja po posameznih letnih časih. Najnižje razlike nastopajo pozimi, najvišje pa poleti, ko se sicer pojavljajo vedno pogostejši vročinski valovi in tropske noči (Žiberna, Ivajnsič, 2018; Žiberna, Ivajnsič, 2019). V poletnih mesecih so tako sklenjene gosto pozidane površine v povprečju za 3,6 °C, industrijske in komercialne površine pa za 3,3 °C toplejše od travniških površin. Po drugi strani pa so vodne površine za 5,2 °C gozdne površine pa za 2,2 °C hladnejše od travnikov. Vodne površine in gozdovi v času poletnega pregrevanja mest torej opravljajo pomembno blažilno funkcijo. Ob tem naj dodamo da vodne površine in gozdovi na obravnavanem območju pokrivajo skoraj petino celotnega površja. Kot hladnejša se v vseh letnih časih izkazuje tudi območja posamičnih stavb, ki skupaj pokrivajo le 1,1 % obravnavanega površja. Vse našteje vrednosti predstavljajo zgolj povprečne razlike po posameznih kategorijah rabe tal. V konkretnih primerih so lahko odstopanja še večja, kar bomo kasneje pokazali tudi v analizi sezonskega režima intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka.

Še bolj nazoren je prostorski prikaz mestnega toplotnega otoka po letnih časih. Le-tega smo prikazali na dva načina. Prvi (Slika 7) prikazuje temperature površja po letnih časih, pri drugem načinu pa so temperature površja normirane in prikazujejo razlike med povprečnimi temperaturami pikslov na travnikih/ pašniki in ostalimi piksli, zato je za vse letne čase uporabljena enotna legenda (Slika 8). Očitno se kaže spreminjanje velikosti, oblike in intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka glede na letne čase. Površina predvsem pa intenzivnost mestnega toplotnega otoka je najmanjša pozimi. Eden glavnih razlogov za to je pojav snežne odeje, ki duši razlike v rabi tal in gostoti pozidave kot glavnih generatorjev temperaturnih razlik. Intenzivnost in velikost površinskega mestnega toplotnega otoka se po koncu zime večja in doseže svoj vrhunec poleti, nato pa jeseni zopet upade. Razlike v temperaturah površja med pomladjo in jesenjo so minimalne, če pa se pojavljajo, so te pretežno negativne, kar je pričakovano. Površje je spomladi namreč še ohlajeno od zime, jeseni pa bolj segreto od poletja. Najvišje razlike v prid jesenskim temperaturam površja nastopajo na vodnih površinah, kjer se prej omenjenemu vzroku pridruži še dejstvo, da imajo vodne površine pet krat višjo specifično toploto od golih suhih tal (Monteith, Unsworth, 2013, 281). »Vroče točke« površinskega mestnega toplotnega otoka se od pomladi do poletja večajo in intenzivirajo, tako da se mnoge-zlasti na območju vzhodno od železniškega kolodvora- v času poletja združijo v eno sklenjeno pregreto območje. V času zime se na obravnavanem območju pojavljata le dve območji z višjimi temperaturami. Prvo se nahaja na območju

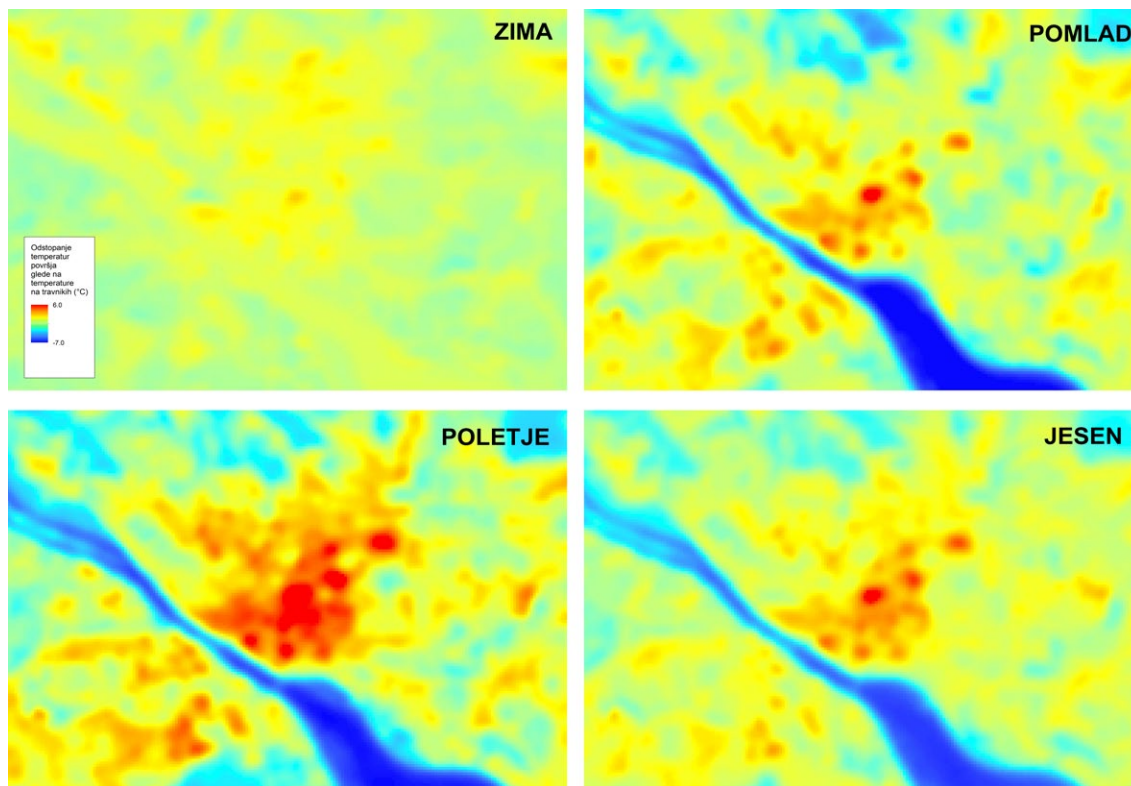


Slika 7: Sezonski režim površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuj.

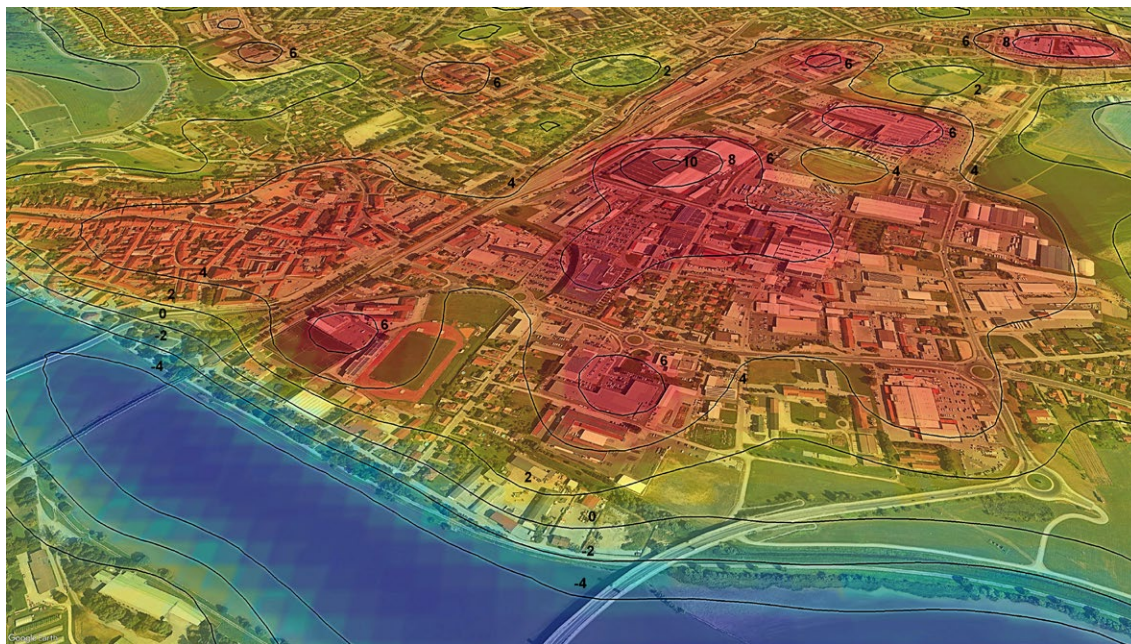
Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni 2025.

Mercatorjevega skladišča in nakupovalnega središča jugovzhodno od železniškega kolodvora in Rogozniške ceste. Drugo območje je na prisojnih območjih severno od Ulice Jožefe Lackove. Da so pozimi prisojna pobočja po temperaturah površja primerljiva z gosteje pozidanimi območji ni novost. To so že potrdile nekatere predhodne analize (Žiberna in ostali, 2021; Žiberna 2025). En del razlogov smo že omenili (pojav snežne odeje, ki duši razlike v stopnji segrevanja, ki so posledica razlik v gostoti pozidanosti). V zimskih mesecih ima zaradi nižjega višinskega kota Sonca večji pomen tudi relief. Prisojne lege pozimi prejmejo relativno več sončnega obseva kot ravninska območja, medtem ko so ob višjih višinskih kotih Sonca (poleti, deloma pa tudi spomladi in jeseni) reliefni dejavniki manj pomembni (Šegota, Filipčič, 1996, 25-26).

Spomladi se površinski toplotni otok na Ptuj prične intenzivirati in diferencirati. Kot najtoplejše območje izstopa območje Mercatorjevega skladišča in nakupovalnega središča jugovzhodno od železniške postaje, izstopajo pa tudi območja Športne dvorane Mladika s parkiriščem, nakupovalnega središča in pripadajočih parkirišč med Ormoško cesto in Vrtnarsko potjo, nakupovalnega središča in pripadajočih parkirišč ob Puhovi ulici in Rogozniški cesti, nakupovalnih središč in pripadajočih parkirišč severno od Dornavske ceste, v manjši meri tudi območje proizvodnih obratov med železniško progo in Rogozniško cesto. Manjši toplotni otok nastane tudi med Ormoško cesto in Puhovo ulico, kjer se nahaja nakupovalno središče z večjim parkiriščem in bencinskim servisom. Zahodno od železniške proge se spomladi oblikujeta dva večja a manj intenzivna površinska toplotna otoka in sicer na območju starega mestnega jedra med Grajskim gričem, reko Dravo in Osojnikovo cesto ter na potezi Splošna bolnišnica dr. Jožeta Potrča-Šolski center Ptuj-nakupovalno središče s parkirišči ob Volkmerjevi cesti. Hladnejša ostajajo severna pobočja Grajskega griča, Panorama ter območja vrtov, travnikov in posameznih dreves jugovzhodno od Kvedrove ulice ter med Osojnikovo cesto, Potrčevo cesto in Gregorčičevim drevoredom. V poletju se omenjena toplejša območja intenzivirajo in povečajo, tako da prihaja do medsebojnega zlivanja posameznih manjših površinskih toplotnih otočkov v enega večjega, ki je koncentriran

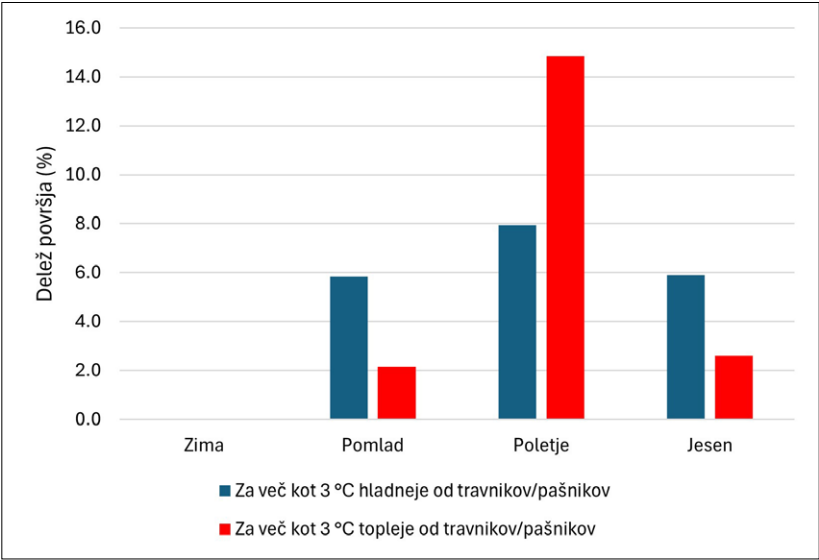


Slika 8: Sezonski režim intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuj. Vir: Medmrežje 4; Lastni izračuni 2025.



Slika 9: Prikaz intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka v času poletja. Izoterme prikazujejo odstopanja od povprečnih poletnih temperatur na travnikih/pašnikih. Po višjih temperaturah površja izstopajo predvsem območja nakupovalnih središč s pripadajočimi parkirišči ter območja proizvodne dejavnosti, ki so v zadnjih desetletjih nastala vzhodno in južno od železniške proge. Temperature površja so ponekod za več kot 8 °C višje od temperatur na travnikih in pašnikih. Reka Drava v poletnih mesecih predstavlja enega od pomembnih blažilcev pretiranega pregrevanja na Ptuj.

Vir: Medmrežje 4; Google Earth; Lastni izračuni 2025.



Slika 10: Deleži površja, ki so za več kot 3,0 °C toplejši oziroma hladnejši od temperature na travnikih/pašnikih na obravnavanem območju.
Vir: Lastni izračuni, 2025.



Slika 11: Spreminjanje rabe tal na območju trgovske, storitvene in proizvodne dejavnosti vzhodno in južno od železniške proge na Ptuj med leti 2002 in 2022. Gre za območje največje intenzivnosti površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptuj. Širjenje pozidanih površin po letu 2000 je močno skrčilo vmesne zelene otočke, ki blažijo pretirano pregrevanje.
Vir: Medmrežje 6.

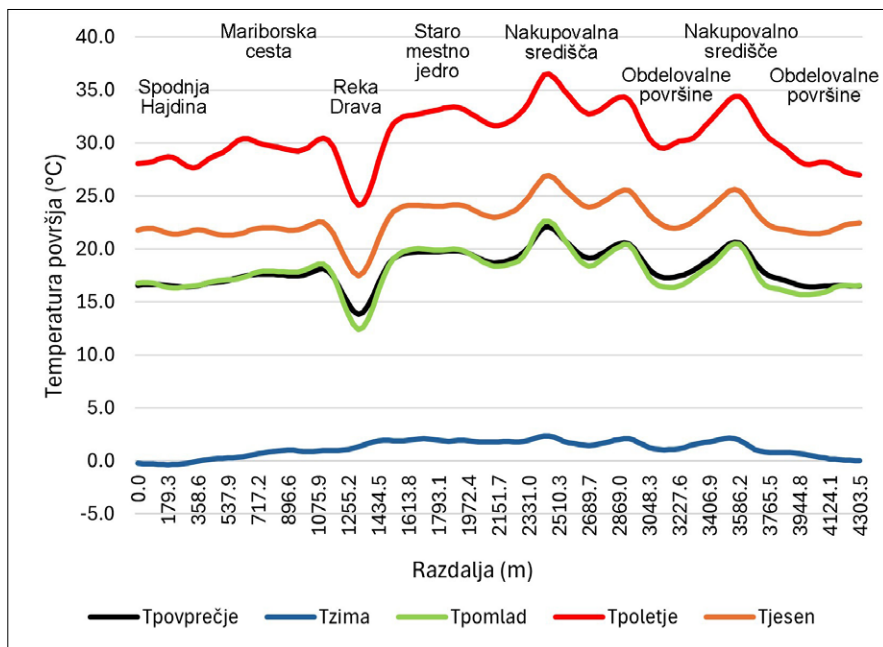


Slika 12: Prečna profila čez obravnavano območje.
Vir: Medmrežje 6.

vzhodno in južno od železniške proge, sega pa tudi na območje starega mestnega jedra. Toplotni otok med Splošno bolnico in Šolskim centrom Ptuj ostaja ločen od ostalih toplejših območij. V poletnih mesecih imajo pomemben blažilni učinek pred pretiranim pregrevanjem poleg zgoraj omenjenih zelenih površin in reke Drave tudi območje Parka Ljudski vrt in zelenih, v veliki meri tudi gozdnih površin, ki po stranskih odrastkih Mestnega vrha segajo v severni del pozidanega območja. Hladnejše je tudi območje obdelovalnih površin južno od Dornavske ceste in vzhodno od Puhove ulice. V času jeseni površinski toplotni otok ponovno slabi in se krči do stanja, ki je precej podobno spomladanskemu. Na desnem bregu se v vseh letnih časih, v največji in najbolj intenzivni obliki pa poleti oblikujeta dva toplotna otoka: na območju nakupovalnega središča in Cestnega podjetja Ptuj ob Zagrebški cesti, ter na območju mesnopredelovalnih obratov in farm med Zagrebško cesto in cesto Ob Dravi (Slika 7, Slika 8).

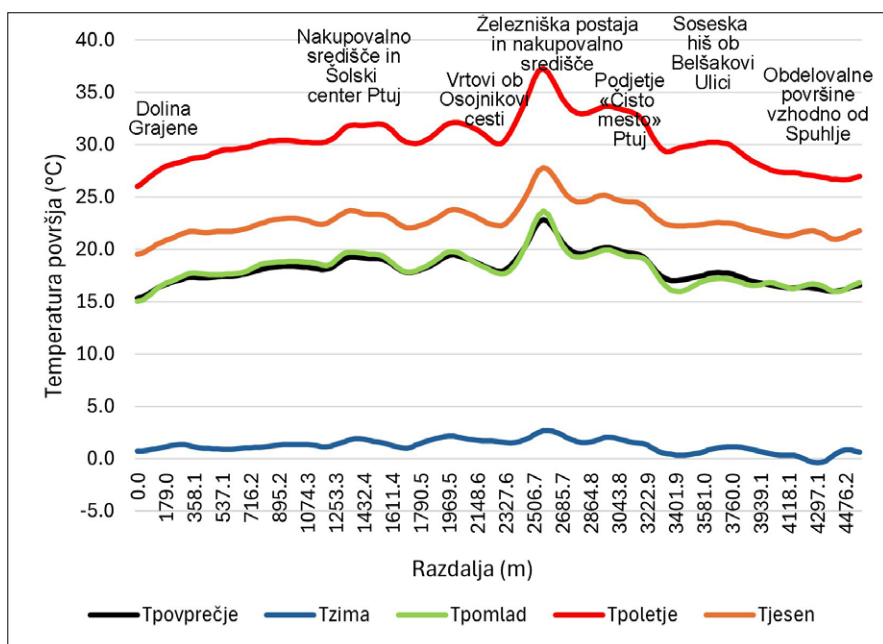
Da je površinski mestni toplotni otok največji in najintenzivnejši poleti nam kaže tudi Slika 10. Ta prikazuje deleže površja, na katerih so razlike med temperaturo površja in temperaturo na travnikih/pašnikih višje od 3,0 °C ali nižje od 3,0 °C. Ker obravnavano območje zajema tudi ruralno okolico ne preseneča, da so deleži površja, ki so za več kot 3 °C hladnejši od travnikov/pašnikov tako spomladi kot jeseni višji od tistih, ki so za 3 °C toplejši od travnikov in pašnikov. Poleti se stanje obrne: delež površja, ki je za 3 °C toplejše od travnikov/pašnikov se dvigne na skoraj 15 %, medtem ko je delež površja, ki je za več kot 3 °C hladnejši od travnikov/pašnikov 8 %, torej skoraj dva krat nižji. V zimskem času so razlike v temperaturah površja precej nižje.

Jedro površinskega mestnega toplotnega otoka na Ptujju je danes skoncentrirano na levem bregu Drave na območju vzhodno in južno od železniške proge Pragersko-Ormož. Tja se je v zadnjih desetletjih širila trgovska, storitvena in proizvodna dejavnost. Posledica širjenja je bilo močno krčenje zelenih, predvsem obdelovalnih površin (Slika 11). Zaradi večjih stavb in velikih asfaltiranih parkirišč je danes zlasti poleti pregrevanje intenzivno. Ukrep blaženja pretiranega pregrevanja bi lahko bila nasaditev dreves v drevoredih ali spremembe pri načrtovanju morebitnih novih parkirišč na tem območju, pri čemer bi bila prekrita s tlakovci, med katerimi bi lahko rasla trava. Da je tak način učinkovit nam dokazuje neasfaltirano in deloma zatravljeno parkirišče ob Panonski ulici, na katerem so temperature površja nekoliko nižje.



Slika 13: Profil 1 čez površinski mestni toplotni otok na Ptuj po letnih časih.

Vir: Lastni izračuni, 2025.v



Slika 14: Profil 2 čez površinski mestni toplotni otok na Ptuj po letnih časih.

Vir: Lastni izračuni, 2025.

Površinski mestni toplotni otok na Ptuj smo želeli prikazati še s pomočjo dveh značilnih profilov preko mesta. Profil 1 se začne v Spodnji Hajdini, prečka strugo reke Drave in staro mestno jedro pod Grajskim gričem in železniško progo, ter se nadaljuje preko več nakupovalnih središč vzhodno od železniške proge in konča na obdelovalnih površinah vzhodno od Podvincev. Profil 2 poteka od razvodnega slemena med Dravo in Grajeno preko severozahodnega dela mesta, prečka železniški kolodvor in nakupovalna središča vzhodno od železniške proge in se konča v Spuhlji (Slika 12).

Na Profilu 1 (Slika 13) lahko opazimo, da so pozimi iz prej navedenih razlogov temperaturne razlike zelo majhne. Opazimo lahko tudi, da je temperatura gladine reke Drave primerljiva z ostalimi deli kopnega. Temperaturne razlike se proti pomladi prično večati in takrat postajajo razlike v temperaturah površja med vodnimi površinami in kopnim delom višje, po drugi strani pa se izraziteje kažejo tudi razlike med pozidani in nepozidanimi območji ter celo med območji z različno gostoto pozidave. Naj-

Preglednica 1: Značilne sezonske vrednosti temperatur površja na Profilu 1 in Profilu 2.

Profil 1	Povprečje	Zima	Pomlad	Poletje	Jesen
Tmaks	22.1	2.4	22.6	36.5	26.9
T pov	18.2	1.2	17.9	30.7	22.8
Tmin	13.8	-0.4	12.4	24.1	17.5
Amplituda	8.3	2.7	10.3	12.4	9.4

Profil 2	Povprečje	Zima	Pomlad	Poletje	Jesen
Tmaks	22.8	2.7	23.6	37.3	27.8
T pov	18.1	1.2	18.1	30.4	22.8
Tmin	15.3	-0.4	15.0	26.0	19.5
Amplituda	7.5	3.1	8.6	11.3	8.3

Vir: Lastni izračuni, 2025.

višje razlike nastopijo poleti, ko znaša razlika med najtoplejšo in najhladnejšo točko na Profilu 1 12,4 °C, najnižje razlike pa so pozimi (2,7 °C) (Preglednica 1). Na Profilu 1 predstavljajo najtoplejša območja nakupovalna središča vzhodno od železniške proge in staro mestno jedro, medtem ko zlasti poleti, spomladi in jeseni ostaja najhladnejše območje reke Drave in območja obdelovalnih površin na obrobju mesta. Spomladanske temperature se na Profilu 1 zelo dobro ujemajo s povprečnimi letnimi temperaturami, medtem ko so jesenske temperature višje, saj je takrat površje še vedno pregreto od poletja, čeprav ta učinek s časom izzzveni.

Profil 2 (Slika 14) kaže podobne značilnosti, ki smo jih omenili že pri Profilu 1. Zaradi drugačnega poteka pridejo bolj do izraza blažilni učinki zelenih površin (vrtovi ob Osojnikovi cesti). Tudi pri Profilu 2 vidimo, da najvišje razlike med posameznimi deli mesta nastopajo poleti (11,3 °C), najnižje pa pozimi (3,1 °C). Tudi na Profilu 2 lahko ugotovimo, da so jesenske temperature višje od spomladanskih in da so povprečne letne temperature podobne spomladanskim.

5. ZAKLJUČEK

Urbana območja v današnjem času predstavljajo za človeštvo prevladujoč ekosistem, saj v mestih prebiva 55 % svetovnega prebivalstva. Projekcije kažejo, da bi se ta delež do sredine 21. stoletja lahko povečal na 68 %. Dokazano je, da vsako gručasto naselje z nad 1000 prebivalci že oblikuje prepoznaven toplotni otok. V začetku leta 2024 je v Sloveniji v 240 naseljih z nad 1000 prebivalcev živelo 56,8 % prebivalstva. Dobra polovica prebivalcev Slovenije je torej tako ali drugače pod vplivom višjih temperatur zaradi segrevanja zraka v naseljih. K toplotnemu obremenjevanju v naseljih dodatno botrujejo tudi pozitivni trendi zaradi globalnega segrevanja. Preučevanje urbanih ekosistemov je torej v teh okoliščinah pomembno, če želimo ohranjati kakovost bivalnega okolja v mestih.

Naselje Ptuj po številu prebivalcev sodi med večja slovenska naselja. S 23872 prebivalci je leta 2024 med 6039 slovenskimi naselji zasedalo 8. mesto. Po površini se naselje Ptuj nahaja na 59. mestu, po gostoti prebivalstva pa na 11. mestu. Gre torej naselje, ki je že dovolj veliko, da se antropogeni vplivi na spreminjanje lokalnega podnebja odražajo v oblikovanju mestnega toplotnega otoka.

Površinski mestni toplotni otok na Ptujju je v tesni povezavi z rabo tal, predvsem s stopnjo pozidnosti. Na Ptujju se najvišje temperature površja nahajajo na sklenjenih gosto pozidanih površinah s stopnjo nepropustnosti nad 80 % in na industrijskih in komercialnih površinah. Ta območja so vzhodno in južno od železniške proge Pragersko-Ormož na območju, na katerem se danes nahajajo predvsem nakupovalna središča in proizvodne oziroma storitvene dejavnosti v vzhodnem delu Ptuja. Višje temperature se pojavljajo še na območju starega mestnega jedra med Grajskim gričem in reko Dravo, ter na potezi Splošna bolnišnica dr. Jožeta Potrča-Šolski center Ptuj-nakupovalno središče s parkirišči ob Volkmerjevi cesti. Površinski toplotni otok je največji in najintenzivnejši v času poletja, ko se na obmo-

čju trgovske, storitvene in proizvodne dejavnosti v jugovzhodnem delu Ptuja manjši toplotni otoki združijo v enega. Površinski mestni toplotni otok je jeseni intenzivnejši kot spomladi, najmanj pa je razvit pozimi, kar je deloma posledica vpliva snežne odeje, ki homogenizira fizikalne lastnosti površja (albedo, specifična toplota, toplotna prevodnost itd.).

Pri načrtovanju bodočega prostorskega razvoja Ptuja bo potrebno več pozornosti namenjati zelenim in vodnim površinam v gosteje pozidanih delih mesta. Ena od rešitev bi lahko bila uvedba manjših drevoredov ob novonastalih ulicah, ki bi spreminjali energijsko bilanco zaradi transpiracije in senčenja površja. Morda bi bilo dobro razmisliti tudi o ureditvi novo načrtovanih parkirišč. Ta bi lahko bila prekrita s primerno oblikovanimi tlakovci, ki bi omogočali rast nizke trave. Seveda pa je to povezano z dodatnimi stroški vzdrževanja in oteženim plujenjem v času zime. A potrebno bo ponotranjiti dejstvo, da širjenje pozidanih površin v mestih ob hkratnem trendu globalnega segrevanja povečuje toplotne obremenitve v mestih, kar niža kakovost bivalnega okolja, ob tem pa najbolj prizadene ranljive skupine ljudi (otroke, starejše prebivalce, bolnike, socialno izolirane skupine prebivalstva). Spremembe lokalnega in globalnega podnebja bodo morale postati nov pomemben element in kriterij pri prostorskem načrtovanju naselij.

LITERATURA

1. Baš, F., (1933): Historično-geografski razvoj Ptuja. Časopis za zgodovino in narodopisje. Zgodovinsko društvo v Mariboru. Letnik XXVIII, snopič 2-4. Maribor.
2. Bračič, V., (1980): Občina Ptuj. Splošni oris. V: Krajevni leksikon Slovenije. IV. Knjiga. Podravje in Pomurje. Državna založba Slovenije. Ljubljana.
3. Bechtel, B., Panagiotis, S., Voogt, J., Wenfeng, Z., (2019): Seasonal Surface Urban Heat Island Analysis, 2019 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE), Vannes, France.
4. Bonan, G., (2008): Ecological Climatology. Concepts and Applications. Cambridge University Press. Cambridge.
5. Ciglencečki, M., (1980): Ptuj. Zgodovinski oris. V: Krajevni leksikon Slovenije. IV. Knjiga. Podravje in Pomurje. Državna založba Slovenije. Ljubljana.
6. Douglas, I., (1983): The Urban Environment. Edward Arnold. Baltimore.
7. Douglas, I., James, P., (2015): Urban Ecology. An Introduction. Routledge. London and New York.
8. EEA, (2012): Urban adaptation to climate change in Europe, EEA Report No.2/ 2012.
9. Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T., (2015): Urban Microclimate. Designing the Spaces Between Buildings. Earthscan. New York.
10. Fezer F. (1994): Das Klima der Städte. Justus Perthes Verlag, Gotha.
11. Forman, R.T.T., (2014): Urban Ecology. Science of Cities. Cambridge University Press. Cambridge.
12. Hsiang, S., Deryugina, T., (2014): Does the Environment Still Matter? Daily Temperature and Income in the United States. NBER Working Paper No. 20750.
13. Hsiang, S., Marshall, B., Edward, M., 2015: Climate and Conflict. Annual Review of Economics. 7 (1): 577–617.
14. Jensen, J.R., (2014): Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective. Pearson. Harlow.
15. Monteith, J.L., Unsworth, M.H., (2013): Principles of Environmental Physics. Plants, Animals, and the Atmosphere. Fourth Edition. Elsevier. Amsterdam.
16. Maučec M., (1980): Ptuj-Splošni pregled. V: Krajevni leksikon Slovenije. IV. Knjiga. Podravje in Pomurje. Državna založba Slovenije. Ljubljana.
17. Nakamura, Y., Shigeta, Y., Watarai, Y., (2018): Seasonal Variations of the Urban Heat Island in Kumagaya, Japan, Geographical Review of Japan Series B 91(2): 29–39.
18. Novak, R., Rižnar, K., Čeh, D., Nenad, M., (2023): Analiza mestne občine Ptuj o strateških usmeritvah mestne občine Ptuj do leta 2035. Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj. Ptuj.
19. Oke, T.R., (1990): Boundary Layer Climates, Routledge. London and New York.
20. Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A., (2017): Urban Climates. Cambridge University Press. Cambridge.
21. Parsons, K., (2014): Human Thermal Environments. CRC Press. New York.
22. Petkovšek, Z., Hočevar, A., (1995): Meteorologija. Osnove on nekatere aplikacija. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani. Ljubljana.

23. Pongrácz, R., J. Bartholy, Dezs, Z., (2010): Application of remotely sensed thermal information to urban climatology of Central European cities. *Phys. Chem. Earth*, 35, 95–99.
24. Robine, J., Cheung, S., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J., Herrmann, François R., (2008): Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*. 331 (2).
25. Šegota, T., Filipčić, A., (1996): *Klimatologija za geografe. Školska knjiga*. Zagreb.
26. Zhou, B., Lauwaet, D., Hooyberghs, H., DeRidder, K., Kropp, J., Rybski, D., (2016): Assessing Seasonality in the Surface Urban Heat Island of London. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Vol. 55. p 493-505.
27. Žiberna, I., (1996): *Mestna klima Maribora*. Doktorska disertacija. Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
28. Žiberna, I., (2017): Trendi vodne bilance v severovzhodni Sloveniji v obdobju 1961-2016. V: *Geografije Podravja. Prostori*. Univerzitetna založba. Univerza v Mariboru. Maribor.
29. Žiberna, I., Ivajnsič, D., (2018): Trendi minimalnih temperatur v Mariboru. *Revija za geografijo*. 2019, 14, št. 2. Univerza v Mariboru. Maribor.
30. Žiberna, I., Ivajnsič, D. (2019): Vročinski valovi v Mariboru v obdobju 1961-2018. *Revija za geografijo*. 2018, 13, št. 2. Univerza v Mariboru. Maribor. Žiberna
31. Žiberna, I., Pipenbaher, N., Donša, D., Škornik, S., Kaligarič, M., Kajfež-Bogataj, L., Črepinšek, Z., Grujić, J. V., Ivajnsič, D., (2021): The impact of climate change on urban thermal environment dynamics. *Atmosphere*. 2021, vol. 12, iss. 9, str. 1-15.
32. Žiberna, I., (2024): Površinski mestni toplotni otok v Slovenski Bistrici. *Časopis za zgodovino in narodopisje*. 2024. št.3-4 (v tisku).
33. WMO, (2008): *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO-No. 8.
34. Medmrežje 1: <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un> (6.11.2024).
35. Medmrežje 2: <https://www.metoffice.gov.uk/learning/learn-about-the-weather/weather-phenomena/case-studies/russian-heatwave> (7.11.2024).
36. Medmrežje 3: <https://gis.stat.si/#> (7.11.2024).
37. Medmrežje 4: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (8.9.2024).
38. Medmrežje 5: <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas> (20.8.2024).
39. Medmrežje 6: <https://ipi.eprstor.gov.si/jgp/data> (8.9.2024).
40. Medmrežje 7: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/05C5006S.px> (5.2.2025)

SUMMARY

Urban areas today represent the dominant ecosystem for humanity, as 55% of the world's population lives in cities. Projections show that this share could increase to 68% by the middle of the 21st century. It has been proven that every clustered settlement with over 1000 inhabitants already forms a recognizable heat island. At the beginning of 2024, 56,8% of the population lived in 240 settlements with over 1000 inhabitants in Slovenia. A good half of the population of Slovenia is therefore in one way or another under the influence of higher temperatures due to heating of the air in settlements. The heat load in settlements is also further fueled by positive trends due to global warming. Studying urban ecosystems is therefore important in these circumstances if we want to maintain the quality of the living environment in cities.

The settlement of Ptuj is one of the larger Slovenian settlements in terms of population. With 23872 inhabitants, it ranked 8th among 6039 Slovenian settlements in 2024. The settlement of Ptuj is ranked 59th in terms of area and 11th in terms of population density. It is therefore a settlement that is already large enough for anthropogenic influences on changing the local climate to be reflected in the formation of an urban heat island.

The surface urban heat island in Ptuj is closely related to land use, especially the level of building. In Ptuj, the highest surface temperatures are found on closed, densely built-up areas with an impermeability level of over 80% and on industrial and commercial areas. These areas are east and south of the Pragersko-Ormož railway line in the area where shopping centres and manufacturing and service activities are currently located in the eastern part of Ptuj. Higher temperatures also occur in the area of the

old town centre between Grajski grič and the Drava river, and in the stretch between the General Hospital of dr. Jože Potrč - the Ptuj School Centre - the shopping centre with parking lots along Volkmerjeva cesta. The surface heat island is the largest and most intense in the summer, when smaller heat islands merge into one in the area of trade, service and manufacturing activities in the south-eastern part of Ptuj. The surface urban heat island is more intense in autumn than in spring, and is least developed in winter, which is partly due to the influence of snow cover, which homogenizes the physical properties of the surface (albedo, specific heat, thermal conductivity, etc.).

When planning the future spatial development of Ptuj, more attention will need to be paid to green and water areas in the more densely built-up parts of the city. One solution could be to introduce smaller tree-lined avenues along newly created streets, which would change the energy balance due to transpiration and shading of the surface. It might also be a good idea to consider arranging newly planned parking lots. These could be covered with appropriately shaped paving stones that would allow for the growth of short grass. Of course, this is associated with additional maintenance costs and more difficult plowing in winter. However, it will be necessary to internalize the fact that the expansion of built-up areas in cities, coupled with the global warming trend, increases heat loads in cities, which lowers the quality of the living environment, and at the same time affects vulnerable groups of people (children, elderly residents, patients, socially isolated groups of the population) the most. Changes in local and global climate will have to become a new important element and criterion in spatial planning of settlements.