

ODPORNOST URBANEGA OKOLJA PROTI VROČINI

FAZA



Odpornost urbanega okolja proti vročini



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FA

Fakulteta
za arhitekturo

Odpornost urbanega okolja proti vročini

Urednici

Martina Zbašnik-Senegačnik in **Alenka Fikfak**

Recenzenta

Peter Šenk in **Aleksander S. Ostan**

Lektorica

Tina Kralj

Oblikovanje

Gašper Mrak

Prelom

CTP d.o.o.

Založila:

© **Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo**

Za izdajatelja:

Mihael Dešman, dekan Fakultete za arhitekturo Univerze v Ljubljani

Kraj in leto izida

Ljubljana, 2026

Publikacija je brezplačna. Spletni dostop: <https://www.fa.uni-lj.si/odpornost-urbanega-okolja-proti-vrocini>

Monografija je del Raziskovalnega projekta Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2024« »Vpliv pregrevanja prostora na spremi-
njanje morfologije grajenega prostora slovenskih naselij ter zdravje uporabnikov«, ki sta ga sofinancirala Javna agencija za znan-
stvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in Ministrstvo za naravne vire in prostor (MNVP).



Javna agencija za znanstvenoraziskovalno
in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

Za vsebino posameznih prispevkov so odgovorni njihovi avtorji.

Brez soglasja založnika je prepovedano vsakršno razmnoževanje ali prepis v katerikoli obliki.

Cobiss ID
280666371

Zapis CIP

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili
v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 280666371
ISBN 978-961-7032-75-8 (PDF)

Kazalo

Predgovor	8
Martina Zbašnik-Senegačnik, Alenka Fikfak	
Podnebni izzivi urbanega okolja	
Prostorski, okoljski in družbeni vidiki urbanega pregrevanja	12
Alenka Fikfak	
Smernice za blaženje urbanih toplotnih otokov	24
Martina Zbašnik-Senegačnik	
Izzivi mest pri blaženju in prilagajanju podnebnih sprememb	35
Lučka Kajfež Bogataj	
Zdravstveni vidiki urbanega okolja	
Mikroklima kot dejavnik tveganja za zdravje ljudi	42
Rok Fink	
Toplotna psihologija mesta in vpliv vročine na počutje	56
Matija Svetina	
Vpliv urbanega toplotnega otoka na toplotno ugodje	63
Samo Drobne	
Vloga pristopa Eno zdravje pri povezavi okolja in zdravja	73
Damjana Drobne, Sara Novak	
Merjenje temperature in relativne vlage ter kakovost bivanja	80
Gregor Geršak, Valentina Stanić, Andraž Janežič, Janko Drnovšek	
Globalno segrevanje in zdravje človeka	89
Marko Vudrag	

Okoljski vidiki urbanega okolja

Vloga zelenih površin pri blaženju pregrevanja in vplivu na zdravje	98
Barbara Goličnik Marušič, Živa Ravnikar	
Načrtovanje zelene infrastrukture za varovanje narave	108
Jože Bavcon, Blanka Ravnjak	
Potencial vertikalne ozelenitve pri blaženju toplotnih obremenitev	117
Jana Kozamernik	
Večkriterijsko vrednotenje modro-zelene infrastrukture	125
Matej Radinja, Nataša Atanasova	

Praktični vidiki prilagajanja urbanega okolja

Učinkoviti prostorski odzivi pri pregrevanju urbanega prostora	138
Aleš Švigelj, Marko Lazič	
Odziv lokalnih skupnosti na pregrevanje urbanega prostora v Singapurju	150
Blaž Križnik, Yoonhee Jung	
Temperatura tal kot pokazatelj vpliva urbanizacije	157
Marina Lovrič, Katarina Kuk, Alen Mangafič	
Kulturna dediščina in podnebne spremembe	176
Aleksandra Ažman, Barbara Mušič	
Obvladovanje pregrevanja kot podnebne tveganja	183
Barbara Mušič	
Materiali kot sooblikovalci urbane mikroklimе	190
Janez Peter Grom, Tadej Glažar	
Grajeno okolje in pregrevanje	198
Jernej Červek	
Recenzija	208
Peter Šenk	
Recenzija	210
Aleksander S. Ostan	
Seznam avtorjev	213
Stvarno kazalo	217

Vloga zelenih površin pri blaženju pregrevanja in vplivu na zdravje

Barbara Goličnik Marušić, Živa Ravnikar

Urbanistični inštitut Republike Slovenije

Izvleček

Učinek urbanega toplotnega otoka (UTO) je pomemben okoljski in javnozdravstveni izziv sodobnih mest, saj vodi do povišanih temperatur zraka in površja ter povečuje toplotni stres prebivalcev, zlasti med vročinskimi valovi. Prispevek obravnava vlogo zelenih površin kot ključnega na naravi temelječega ukrepa za blaženje urbanega pregrevanja in zmanjševanje z vročino povezanih zdravstvenih tveganj. Na podlagi pregleda znanstvene literature so analizirani glavni mehanizmi delovanja zelenih površin, vključno s senčenjem, evapotranspiracijo in razprševanjem toplote, ter njihov vpliv na urbano mikroklimo. Posebna pozornost je namenjena primerjavi različnih tipov zelene infrastrukture, kot so parki, drevoredi, mestni gozdovi, zelene strehe in vertikalne ozelenitve, ter dejavnikom, ki vplivajo na njihovo učinkovitost, vključno z velikostjo, gostoto vegetacije, prostorsko razporeditvijo in povezanostjo. Prispevek poudarja, da celostna in pravična integracija zelenih površin v urbano tkivo bistveno prispeva k izboljšanju toplotnega ugodja, kakovosti zraka, duševnega zdravja ter odpornosti mest proti podnebnim spremembam.

Ključne besede:

urbani toplotni otok (UTO), urbane zelene površine, zdravje prebivalcev, mikroklimatski učinki, urbanistično načrtovanje

Abstract

The urban heat island (UHI) effect represents a significant environmental and public health challenge in contemporary cities, as it leads to elevated air and surface temperatures and increases heat stress among residents, particularly during heat waves. This paper addresses the role of green spaces as a key nature-based measure to mitigate urban overheating and reduce heat-related health risks. Based on a review of scientific literature, the main mechanisms through which green spaces function, including shading, evapotranspiration, and heat dispersion, are analysed, along with their impact on the urban microclimate. Special attention is given to comparing different types of green infrastructure, such as parks, tree-lined streets, urban forests, green roofs, and vertical greening, as well as the factors affecting their effectiveness, including size, vegetation density, spatial distribution, and connectivity. The paper emphasizes that a comprehensive and equitable integration of green spaces into the urban fabric significantly contributes to improved thermal comfort, air quality, mental health, and urban resilience to climate change.

Keywords:

urban heat island (UHI), urban green spaces, public health, microclimatic effects, urban planning

1 Uvod

Urbana območja po vsem svetu zaznavajo višje temperature kot njihova okoliška območja, to je pojav, znan kot učinek urbanega toplotnega otoka (UTO). Gre za lokalizirano segrevanje, ki nastane zaradi kombinacije fizikalnih lastnosti urbanega prostora in intenzivnih človekovih dejavnosti. UTO pomembno vpliva na kakovost bivanja v mestih ter je resen javnozdravstveni izziv, saj povečuje telesne in duševne obremenitve prebivalcev, zlasti v času vročinskih valov.

Pojav UTO je posledica prepletanja fizikalnih, morfoloških in antropogenih dejavnikov, ki spreminjajo energijsko ravnovesje urbanega okolja. Ključno vlogo ima sestava urbanih površin, kjer prevladujejo neprepustni gradbeni materiali z nizkim albedom in visoko toplotno kapaciteto. Ti materiali absorbirajo velike količine sončnega sevanja in ga nato počasi oddajajo, predvsem v večernih in nočnih urah, kar vodi do trajno povišanih temperatur površja in zraka. V primerjavi z zelenimi površinami, ki se zaradi evapotranspiracije in večje reflektivnosti hitreje ohlajajo, ti materiali pomembno prispevajo k vzdrževanju toplotnega presežka v mestih. Pomemben dejavnik UTO je tudi pomanjkanje vegetacije. Naravni ekosistemi, kot so gozdovi, travniki in vodna telesa, uravnavajo temperaturo z evapotranspiracijo, pri kateri se toplota porablja za izhlapevanje vode. V urbanih okoljih z omejenimi zelenimi površinami je ta hladilni mehanizem močno oslabiljen, kar povzroča večje zadrževanje toplote v tleh in zraku. Študije evropskih mest dosledno potrjujejo negativno povezavo med gostoto vegetacije (izraženo z indeksom NDVI) in temperaturo površja, pri čemer zelene in gozdne površine izkazujejo bistveno nižje temperature kot urbana območja s popločenimi ali kako drugače neprepustnimi tlemi (npr. Bečić in Gašparović, 2025).

K intenzivnosti UTO prispeva tudi antropogeno oddajanje toplote, ki izvira iz prometa, industrije ter ogrevalnih in hladilnih sistemov v stavbah. V evropskem zmernem in celinskem podnebjju ima ta dejavnik izrazito sezonsko dinamiko: pozimi prevladuje vpliv ogrevanja, poleti pa narašča uporaba klimatskih naprav. Med vročinskimi valovi antropogena toplota še posebej okrepi nočni UTO, saj dodatno zavira ohlajanje urbanega okolja. Pomembno vlogo ima tudi urbana morfologija oziroma prostorska razporeditev stavb in ulic. Gosta pozidava in visoki objekti omejujejo kroženje zraka, zmanjšujejo radiacijsko ohlajanje ponoči in zadržujejo dolgovalovno sevanje, ki ga oddajajo segrete površine. Skupni učinek neprepustnih površin, pomanjkanja vegetacije, antropogene toplote in goste urbane strukture ustvarja značilno urbano mikroklimo, ki je pogosto bistveno toplejša od okoliških območij. Temperaturne razlike so najizrazitejše v stabilnih poletnih vremenskih razmerah, ob šibkem vetru in jasnem vremenu ter povečujejo obremenitev energijskih sistemov, zmanjšujejo toplotno ugodje in negativno vplivajo na zdravje mestnega prebivalstva.

S tega vidika imajo zelene površine, kot so parki, drevoredi, zelene strehe in tudi zasebni vrtovi, ključno vlogo pri blaženju negativnih posledic pregrevanja mest. Z zniževanjem lokalnih temperatur, izboljševanjem kakovosti zraka in zagotavljanjem senčnih območij so pomemben element trajnostnega urbanističnega načrtovanja. Poleg fizioloških učinkov prinašajo zelene površine tudi pomembne psihološke in družbene koristi, saj spodbujajo rekreacijo, družbeno interakcijo ter občutek povezanosti z naravo.



Slika 1: Urbana javna ploščad z drevesi in drugo trajno zasaditvijo

2 Vplivi na zdravje prebivalcev in vloga zelenih površin

Povišane temperature v urbanih območjih, povezane z učinkom UTO, imajo izrazite neposredne in posredne vplive na zdravje prebivalcev. Dolgotrajna izpostavljenost toplotnemu stresu povečuje obremenitev termoregulacijskih mehanizmov ter prispeva k večji obolevnosti in umrljivosti, zlasti med vročinskimi valovi. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) in Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) opozarjata, da so urbana okolja zaradi goste pozidave, povišanih temperatur in omejenih možnosti naravnega hlajenja še posebej ranljiva za zdravstvene posledice ekstremne vročine (WHO, 2025; IPCC, 2022).

Med najpogostejšimi fiziološkimi posledicami povišanih temperatur so toplotni udar, toplotna izčrpanost in dehidracija. Vročina dodatno poslabšuje srčno-žilne in dihalne bolezni, saj povečuje srčni utrip, krvni tlak in dihalno obremenitev. Epidemiološke študije v evropskih mestih kažejo, da so starejši, otroci, kronični bolniki ter osebe z omejenim dostopom do ustreznega hlajenja najbolj izpostavljeni negativnim učinkom vročine, pri čemer ima pomembno vlogo tudi socialnoekonomska neenakost (EEA, 2012; Gasparini idr., 2015). Poleg telesnih učinkov imajo povišane temperature tudi pomembne psihološke in kognitivne posledice. Dolgotrajna izpostavljenost vročini je povezana s povečanim stresom, utrujenostjo, razdražljivostjo ter zmanjšano koncentracijo. Posebej problematične so povišane nočne temperature, značilne za območja z izrazitim UTO, saj poslabšujejo kakovost spanja in regeneracijo organizma. Slab spanec je dolgoročno povezan z večjim tveganjem nastanka anksiozne in depresivne motnje ter z manjšo delovno storilnostjo (Obradovich idr., 2017; Berry idr., 2010).

Pomemben posredni vpliv urbanega segrevanja na zdravje ima tudi kakovost zraka. Povišane temperature pospešujejo fotokemične reakcije v ozračju, kar vodi do nastajanja prizemnega ozona in drugih sekundarnih onesnaževal, ki dodatno obremenjujejo človekov dihalni sistem. Evropska agencija za okolje (EEA) poudarja, da sočasna izpostavljenost toplotnemu stresu in onesnaženemu zraku deluje sinergijsko ter povečuje tveganje nastanka respiratornih bolezni, zlasti v gosto pozidanih mestnih središčih (EEA, 2023a). Zaradi teh vplivov je učinek UTO pomemben javnozdravstveni izziv, ki zahteva celostne preventivne ukrepe. V tem okviru imajo ključno vlogo zelene površine oziroma zelena infrastruktura, ki z zniževanjem temperatur, izboljšanjem kakovosti zraka ter pozitivnimi učinki na duševno zdravje pomembno prispevajo k zmanjševanju zdravstvenih tveganj, povezanih z urbanim pregrevanjem.

Zelene površine so med najučinkovitejšimi naravnimi ukrepi za blaženje negativnih vplivov UTO. Z zagotavljanjem senčenja in evapotranspiracije izboljšujejo mikroklimatske razmere ter zmanjšujejo temperaturne eks-



Slika 2: Mestni park z drevesno senco in travnatimi površinami zmanjšuje lokalni toplotni stres in izboljšuje toplotno ugodje v urbanem okolju

treme v mestih. Mednarodne institucije, kot sta WHO in EEA, zelene površine v mestih vse pogosteje prepoznavajo kot ključni element prilagajanja mest na podnebne spremembe in hkrati kot pomembno javnozdravstveno intervencijo (WHO, 2016; EEA, 2023b). Raziskave kažejo, da lahko parki, drevoredi in mestni gozdovi lokalno znižajo temperaturo zraka za 1–3 °C ali več (Aram idr., 2019; Schwaab idr., 2021; Wu idr., 2025), kar ima merljive učinke na zmanjšanje z vročino povezanih zdravstvenih zapletov (Bowler idr., 2010; Gunawardena idr., 2017). Poleg tega vegetacija izboljšuje kakovost zraka z vezavo delcev PM in absorpcijo nekaterih onesnaževal ter posredno zmanjšuje nastajanje prizemnega ozona. Ti učinki so posebej pomembni za ranljive skupine prebivalstva (npr. Nowak idr., 2014). Zelene površine pozitivno vplivajo tudi na duševno zdravje in socialno blaginjo. Dostop do zelenih površin je povezan z nižjimi ravni stresa, boljšim razpoloženjem in večjo telesno aktivnostjo, hkrati pa omogoča prijetnejšo in varnejšo rabo javnega prostora v času vročine. S tem prispevajo k večji socialni koheziji in višji kakovosti bivanja v mestih (Twhig-Bennett, 2018; Maas idr., 2006).

Zaradi večplastnih koristi so zelene površine vse bolj prepoznane kot ključni element celostnega urbanističnega in javnozdravstvenega načrtovanja. Njihovo premišljeno vključevanje v urbano tkivo z vzpostavitvijo in vzdrževanjem parkov, drevoredov, zelenih streh in vertikalnih ozelenitev omogoča hkratno zmanjševanje toplotne obremenitve, izboljšanje kakovosti in uporabnosti urbanih prostorov, izboljšanje zdravja prebivalcev ter povečanje odpornosti mest proti podnebnim spremembam. Posebno pozornost je treba nameniti pravični prostorski razporeditvi zelenih površin, da njihove koristi dosežejo vse prebivalce urbanih območij.

3 Prispevek zelenih površin k zmanjšanju UTO

Zelene površine se v urbanih okoljih pojavljajo v različnih oblikah, ki se razlikujejo glede na prostorski obseg, vegetacijsko strukturo in vlogo, ki jo imajo za različne uporabniške skupine. Med najpomembnejše spadajo javni parki, ki so obsežnejša, strnjena zelena območja, običajno z visoko stopnjo vegetacijske pokritosti. Številne študije potrjujejo, da parki delujejo kot lokalni hladilni otoki, saj s kombinacijo senčenja in evapotranspiracije učinkovito znižujejo temperaturo zraka in površin v neposredni ter širši okolici (Bowler idr., 2010; Gunawardena idr., 2017). Poleg mikroklimatskih učinkov pomembno prispevajo tudi k telesni dejavnosti, socialni interakciji in duševnemu zdravju prebivalcev (WHO, 2016).

Pomemben element urbane zelene infrastrukture so tudi drevoredi in ulične zasaditve, ki so sicer ključni linijski elementi omrežij zelenega sistema, a so v prostoru lahko tudi v obliki fragmentiranih delov takega omrežja, so prostorsko razpršeni, vendar ključni za uravnavanje mikroklimе v prometno obremenjenih območjih. Drevesa ob cestah učinkovito senčijo asfaltne in betonske površine, kar zmanjšuje segrevanje tal in temperaturo zraka v višini človeka (Shashua-Bar idr., 2011). Hkrati prispevajo k izboljšanju kakovosti zraka z zajemanjem delcev PM in absorpcijo plinastih onesnaževal, kar ima dodatne pozitivne učinke na zdravje prebivalcev (Nowak idr., 2014). V gosto pozidanih urbanih območjih, kjer primanjkuje prostih površin na tleh, se vse pogosteje uveljavljajo zelene strehe in vertikalne ozelenitve. Te oblike ozelenitve zmanjšujejo toplotne obremenitve stavb, znižujejo temperature strešnih in fasadnih površin ter zmanjšujejo potrebo po mehanskem hlajenju notranjih prostorov (Santamouris, 2014; Perini in Rosasco, 2013). Čeprav je njihov neposredni vpliv na temperaturo zraka omejen predvsem na lokalno raven, lahko ob širši uporabi pomembno prispevajo k izboljšanju mestne mikroklimе. Manjši, a družbeno pomembni elementi so tudi žepni parki in skupnostni odprti prostori, ki poleg omejenega hladilnega učinka krepijo socialno kohezijo, okoljsko zavedanje in prilagoditveno sposobnost mestnih skupnosti na podnebne spremembe (Artmann idr., 2017). Goličnik Marušić idr. (2023) poudarjajo pomen prilagajanja rešitev pregrevanja posameznim urbanih vzorcem ter opozarjajo na nabor na naravi temelječih rešitev, kot so zasaditve na raščenem terenu, zelene strehe in vertikalne ozelenitve.



Slika 3: Ozelenjena sprehajalna pot na mestnem pobočju, kjer vegetacija prispeva k zmanjševanju toplotnega stresa ter izboljšuje mikroklimatske razmere



Slika 4: Mestni park prispeva k izboljšanju mikroklimе in toplotnega ugodja v mestnem okolju ter služi kot prostor za druženje in socialne interakcije

3.1 Funkcije zelenih površin pri blaženju urbanega pregrevanja

Zelene površine vplivajo na urbano mikroklimo prek več medsebojno povezanih bioloških geofizikalnih mehanizmov, ki skupaj zmanjšujejo intenzivnost UTO. Ključni mehanizem je senčenje, saj krošnje dreves zmanjšujejo količino sončnega sevanja, ki doseže urbane površine, in s tem omejujejo segrevanje materialov z nizkim albedom, kot sta asfalt in beton (Oke, 1987; Armson idr., 2012). Drugi pomembni mehanizem je evapotranspiracija, pri kateri se toplota porablja za izhlapevanje vode iz rastlin in tal, kar neposredno hladi zrak v okolici vegetacije. Ta proces je posebej učinkovit na območjih z gosto in zdravo vegetacijo, pri čemer so drevesa zaradi večje listne površine in globljega koreninskega sistema praviloma učinkovitejša od nizke vegetacije ali zatravljenih površin (Bowler idr., 2010; Livesley idr., 2016). Zelene površine prispevajo tudi k razprševanju toplote znotraj urbanega tkiva. Mreža razpršenih zelenih elementov lahko razbije velike neprekinjene vroče površine, izboljša lokalno kroženje zraka in zmanjša nočne temperature, ki imajo največji vpliv na zdravje prebivalcev (Gill idr., 2007). Poleg termičnih učinkov vegetacija izboljšuje tudi kakovost zraka, kar je posebej pomembno v kombinaciji z vročino, saj visoke temperature pospešujejo nastajanje prizemnega ozona. Zmanjšanje sočasne izpostavljenosti vročini in onesnaženju ima neposredne pozitivne učinke na zdravje prebivalcev (Harlan in Ruddell, 2011).

Učinkovitost zelenih površin pri zniževanju temperatur je odvisna od več dejavnikov, med katerimi so ključni velikost, gostota in tip vegetacije ter njihova prostorska razporeditev in povezljivost. Večje strnjene zelene površine z visoko drevesno pokritostjo ustvarjajo izrazitejši hladilni učinek, vendar lahko tudi manjši zeleni elementi pomembno prispevajo k znižanju temperatur, če so ustrezno strateško umeščeni v toplotno obremenjena območja, zlasti v mestna središča in ob prometnih koridorjih (Norton idr., 2015; Ziter idr., 2019). Pomembna je tudi vrstna sestava vegetacije: listavci so poleti praviloma učinkovitejši pri senčenju in evapotranspiraciji, medtem ko raznolika zasaditev povečuje odpornost zelenih površin proti suši in vročinskim ekstremom (Rahman idr., 2020). Empirične raziskave dodatno potrjujejo pomen posameznih tipov zelenih površin. Raščeni teren s travno rušo lahko bistveno znižuje temperature v naseljih; primerjalne meritve so pokazale, da je bila zatravljen površina v popoldanskem času hladnejša za do 6,1 °C v primerjavi z asfaltom, na višini zaznavanja uporabnika pa za približno 3,4 °C (Madjidi idr., 2013). Grmovna zarast izkazuje še izrazitejši učinek, saj so bile temperature listov grmovnic tudi do 19 °C nižje od temperatur asfaltnih površin (Zou idr., 2019). Večje zelene površine (nad 10 ha) lahko znižajo temperaturo zraka za 1–2 °C in zagotavljajo hladilni učinek do približno 350 m od roba parka, pri čemer na intenzivnost vplivajo tudi lokalne podnebne in prostorske značilnosti (Aram idr., 2019).

Preglednica 1: Sintezni prikaz součinkov med tipi zelenih površin, ključnimi mikroklimatskimi mehanizmi in vplivi na zdravje prebivalcev v urbanih okoljih

Tip zelene površine	Ključni mehanizmi delovanja	Mikroklimatski učinki	Glavni vplivi na zdravje prebivalcev
Mestni parki	Senčenje z drevesnimi krošnjami; intenzivna evapotranspiracija; razprševanje toplote	Znižanje temperature zraka in površin (1–3 °C ali več); blaženje nočnih temperatur	Zmanjšan toplotni stres; manjši z vročino povezani obolevnost in umrljivost; izboljšano duševno zdravje; večja telesna aktivnost
Mestni gozdovi in večje zelene površine	Visoka evapotranspiracija; obsežno senčenje; uravnavanje zračnih tokov	Močan hladilni učinek; zmanjšanje intenzivnosti UTO na širšem območju	Zmanjšano zdravstveno breme zaradi vročine; dolgoročna zaščita ranljivih skupin; izboljšana kakovost zraka
Drevoredi in ulične zasaditve	Senčenje prometnih in peš površin; evapotranspiracija; filtracija onesnaževal	Znižanje temperature cest in pločnikov; izboljšanje lokalne kakovosti zraka	Zmanjšana izpostavljenost vročini in onesnaženju; manj respiratornih in srčno-žilnih tveganj; večje ugodje v javnem prostoru
Zelene strehe	Omejena evapotranspiracija; toplotna izolacija; zmanjšanje absorpcije toplote	Znižanje temperature strešnih površin; zmanjšan prenos toplote v stavbe	Manjša izpostavljenost notranji vročini; nižji stres; zmanjšana poraba energije za hlajenje
Vertikalne ozelenitve	Senčenje fasad; omejena evapotranspiracija; zmanjšanje sevalnih obremenitev	Znižanje temperature zunanjih in notranjih površin stavb	Izboljšano bivalno ugodje; zmanjšano tveganje toplotne izčrpanosti v notranjih prostorih
Žepni parki in skupnostni prostori	Lokalno senčenje; omejena evapotranspiracija; socialna raba prostora	Manjši lokalni hladilni učinki; izboljšana mikroklimatska heterogenost	Posredno zmanjšanje stresa; boljše duševno zdravje; večja socialna kohezija; spodbujanje zdravega življenjskega sloga
Zatravljene površine in nizka vegetacija	Omejena evapotranspiracija; manjša akumulacija toplote kot pri betonu	Zmerno znižanje temperature tal; manjši vpliv na zrak	Dopolnilni učinek k večji vegetaciji; izboljšano vizualno in psihološko ugodje

Posamezna drevesa imajo sicer omejen vpliv na znižanje temperature zraka, vendar bistveno izboljšujejo toplotno ugodje zaradi senčenja. Študije kažejo, da lahko pokritost s strnjjenimi krošnjami zniža temperature površin za 8 – 12 °C v primerjavi z neozelenjeno pozidavo (Schwaab idr. 2021); drevoredi pa občutno znižujejo fiziološko ekvivalentno temperaturo (PET) ter s tem zmanjšujejo toplotni stres prebivalcev (Wu idr., 2025). Čeprav se učinki razlikujejo glede na vrsto dreves, gostoto krošenj in orientacijo oziroma ekspozicijo, so drevesa med najučinkovitejšimi ukrepi za izboljšanje zunanega toplotnega ugodja. Zelene strehe in vertikalne ozelenitve imajo predvsem posredni vpliv na mestno klimo. Zelene strehe prispevajo k zmanjšanju segrevanja stavb, njihov vpliv na temperaturo zraka v višini pešca pa je omejen (Feng idr., 2022). Vertikalne ozelenitve so učinkovite predvsem pri zniževanju temperatur fasad in zmanjševanju potrebe po hlajenju objektov, pri čemer lahko temperaturo površine fasade znižajo tudi za več kot 10 °C (Peng idr., 2020). Učinki na temperaturo zraka ob fasadah so manjši, vendar pomembni v kombinaciji z drugimi zelenimi elementi.

4 Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost zelenih površin

Učinki zelenih površin na mikroklimo in zdravje prebivalcev so odvisni od prostorskega obsega, vegetacijske strukture, umeščenosti v urbano tkivo ter od dostopnosti prebivalcem. Največji neposredni zdravstveni učinki so zaznani pri zelenih površinah z veliko pokritostjo z drevesi in dobro integracijo v vsakodnevno rabo urbanega prostora.

Ključna dejavnika sta velikost in gostota vegetacije. Večje, strnjene zelene površine z gosto krošnjo ustvarjajo izrazitejša lokalna hladilna učinka kot manjši ali fragmentirani elementi (Livesley idr., 2016). Pomembni sta tudi lokacija in orientacija, saj zelene površine v ustrezno orientiranih in dimenzioniranih ulicah ali na močno osončenih območjih praviloma izkazujejo večji učinek hlajenja, medtem ko ozki ali nepovezani prostori ta učinek omejujejo (Armson idr., 2012; Rahman idr., 2020). Na učinkovitost pomembno vpliva tudi vrsta vegetacije. Listavci z večjo listno površino imajo praviloma večjo hladilno sposobnost zaradi intenzivnejše evapotranspiracije, medtem ko zatravljene površine in grmovna zarast prispevajo bistveno manj, a še vedno pomembno k razprševanju toplote in izboljšanju mikroklimo (Bowler idr., 2010; Norton idr., 2015). Povezanost zelenih površin dodatno povečuje njihov učinek: kontinuirano omrežje zelenih površin (zeleni sistem) omogoča boljšo disperzijo hladnega zraka, zmanjšuje lokalne temperaturne ekstreme in ustvarja bolj homogeno temperaturno strukturo v mestnem prostoru (Gill idr. 2007; Ziter idr., 2019).

Za učinkovito delovanje zelenih površin v zelenem sistemu je ključno, da se zanje pravočasno zagotovi ustrezen prostor, kar zahteva celostno razmišljanje že v zgodnjih fazah prostorskega načrtovanja, tako z vidika nadzemnih kot podzemnih pogojev. Na ravni mesta to pomeni pravočasno »rezervacijo« prostora za sistem medsebojno povezanih elementov zelenega sistema, na ravni ulice pa poleg nadzemnega tudi podzemni prostor, ki omogoča razvoj koreninskih sistemov in s tem rast dovolj obsežne vegetacije, sposobne učinkovitega senčenja in hlajenja okolice. Pri sajenju dreves v urbanem prostoru je treba upoštevati razmerje med rastjo korenin in obstoječo podzemno infrastrukturo. Rast korenin običajno poteka do globine približno 1,5 m, vendar so potrebni ustrezni odmiki glede na vrsto infrastrukturnih vodov. Kanalizacijski vodi so praviloma položeni globlje in zato manj problematični, kljub temu pa se priporoča najmanj 2 m odmika za drevesa in 1 m za grmovnice. Vodovodni in plinovodni sistemi, ki so običajno nameščeni na globini 0,7–1,0 m, zahtevajo odmik približno 2 m, pri plinovodih pa je sajenje globokokoreninskih vrst v pasu 2,5 m od cevi omejeno. Električni in komunikacijski vodi ter javna razsvetljava so pogosto položeni plitvo (okoli 0,5 m), zato sajenje visoke vegetacije v njihovi neposredni bližini ni priporočljivo. Priporočen odmik znaša 2 m za drevesa in 1 m za grmovnice. Tudi toplovodni sistemi zahtevajo večje varnostne odmike, praviloma okoli 2,5 m (Šiftar idr., 2017).

Pri določanju možnih površin za raščeni teren z visoko vegetacijo je treba upoštevati tako minimalne prostorske zahteve za rast rastlin kot njihovo sposobnost zagotavljanja hladilnega učinka. Čeprav posamezno drevo samo po sebi ne povzroča izrazitega znižanja temperature zraka, ima pomembno vlogo pri senčenju in lokalnem zmanjševanju toplotne obremenitve. Slovenski priročnik za sajenje dreves (Šiftar idr., 2017) navaja, da se dimenzije sadilne jame določajo glede na velikost drevesne vrste, pri čemer naj se za optimalno razrast korenin uporablja pravilo, ki izhaja iz raziskav Bakkerja in Kopinga (Zimmermann, 2020; op. ur.), po katerem drevesa za razvoj koreninskega sistema potrebujejo sadilno jamo z volumnom, ki ustreza projekciji drevesne krošnje na tla (m^2) \times 0,75 (m^3). Tako opredeljena, teoretično optimalna velikost sadilne jame je v strnjjenih urbanih delih

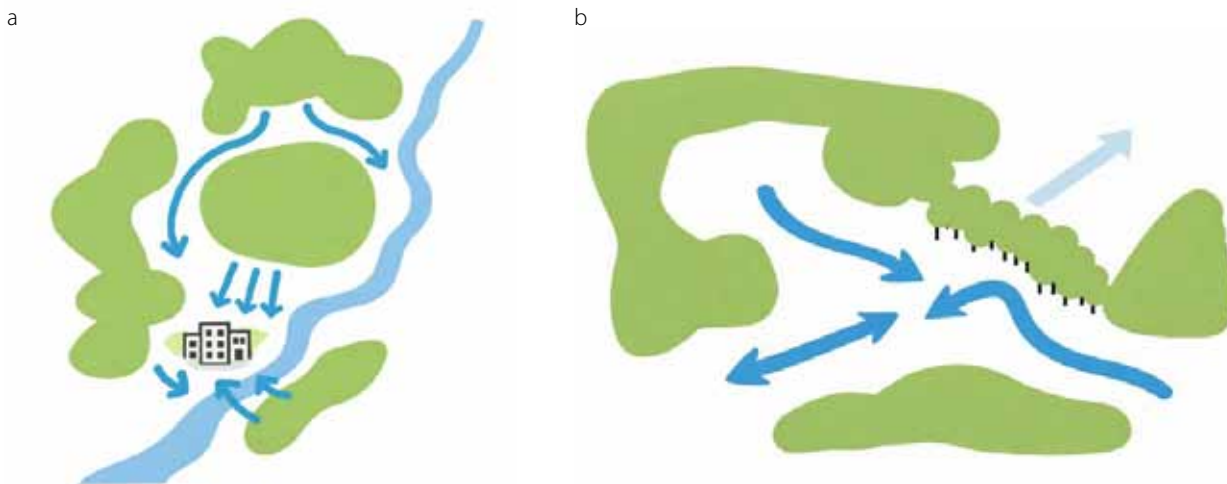
le redko izvedljiva zlasti pri sajenju večjih dreves. Kot minimalni standard se tako navaja tudi velikost 16 m² tlorisa in 0,8 m globine (DIN, 2002), kar ustreza predvsem drevesom s krošnjo premera do približno 10 m. Pri skupinskem sajenju lahko drevesa delijo del podzemnega prostora, če je zagotovljena ustrezna medsebojna razdalja, ki naj praviloma znaša vsaj polovico predvidenega premera zrele krošnje.

Hkrati je treba že v začetnih fazah načrtovanja upoštevati rešitve za zadrževanje in ponikanje padavinske vode skladno z izbrano tipologijo na naravi temelječih rešitev, kot so ponikovalni jarki, suhi zadrževalniki, deževni vrtovi in prepustne zelene površine (npr. Radinja idr., 2021). Takšne rešitve posnemajo naravne hidrološke procese z zadrževanjem padavin na mestu nastanka ter z omogočanjem nadzorovanega odtoka, infiltracije in evapotranspiracije, s čimer zmanjšujejo obremenitve kanalizacijskih sistemov in spodbujajo obnovo vodnega kroga v urbanih območjih. Ti ukrepi ne le zmanjšujejo verjetnost poplav in obremenitve vodnih sistemov, temveč hkrati prinašajo dodatne koristi, kot so povečanje urbanega hlajenja, izboljšanje kakovosti zraka in ustvarjanje prijetnejšega bivalnega okolja, kar so ključne značilnosti načrtovanja podnebno odpornih urbanih krajin, tudi z vidika blaženja UTO.

5 Integracija zelenih površin v urbano tkivo

Za učinkovito blaženje urbanega pregrevanja in izboljšanje zdravja prebivalcev je bistveno, da zelene površine razumemo kot ključni sestavni del urbanističnega načrtovanja. Prostorsko načrtovanje mora zagotoviti, da parki, drevoredi in zeleni pasovi ter zelene strehe in vertikalne ozelenitve tvorijo povezana omrežja, ki omogočajo prost pretok zraka, zmanjšujejo intenzivnost UTO in zagotavljajo trajnostne hladilne učinke (Gill idr., 2007; Norton idr., 2015). Razporeditev zelenih površin mora upoštevati izpostavljenost soncu, pri čemer so senčne ureditve ulic, trgov, šolskih igrišč in drugih javnih prostorov ključne za izboljšanje toplotnega ugodja in spodbujanje aktivne rabe prostora.

Posebno pomembni so nočni hladilni učinki vegetacije. Ponoči se nad zelenimi površinami tvori hladnejši zrak, ki se zaradi gravitacije spušča proti nižjim legam. Zeleni koridorji, umeščeni vzdolž naravnih topografskih smeri, tako delujejo kot naravne poti gibanja hladnega zraka ter omogočajo ohranjanje povezave med zaledjem in mestnim tkivom (Oke, 1987; Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2012). Poleg tega imajo zeleni koridorji pomembno vlogo pri prezračevanju mest s pomočjo vetrov, zato morajo biti orientirani v smeri prevladujočih vetrov, višji objekti v teh pasovih pa ne smejo ovirati zračnih tokov. Gostota visoke vegetacije mora biti v mestno tkivo uravnoteženo vpeta tako, da omogoča prehajanje zraka in ohranja hladilni učinek ter izboljšuje toplotno ugodje prebivalcev (Gill idr., 2007). Učinkovitost zelenih površin dodatno povečuje njihova multifunkcionalnost. Zeleni prostori, ki hkrati omogočajo rekreacijo, socialno interakcijo in opravljajo ekološke funkcije, kot so uravnavanje mikroklimе, filtracija zraka in podpora biotski raznovrstnosti, dosegajo večjo intenzivnost uporabe in izrazitejše pozitivne učinke na zdravje prebivalcev (Armson idr., 2012; Bowler idr., 2010).



Slika 5: Zelene površine ustvarjajo hladen zrak in hladijo mesto (a); gostota vegetacije pa vpliva na prevetrenost (b). (Prirejeno po Ministerstvo za promet in infrastrukturo Baden-Württemberg, 2012.)

Izbira vegetacije je pri tem ključna. Drevesa z gosto krošnjo so najučinkovitejša za senčenje in lokalno zniževanje temperatur, listnata vegetacija pa zaradi intenzivnejše evapotranspiracije praviloma zagotavlja večji hladilni učinek kot iglavci (Livesley idr., 2016). V območjih z omejenim prostorom imajo pomembno vlogo zelene strehe in vertikalne ozelenitve, ki zmanjšujejo toplotno obremenitev stavb in prispevajo k znižanju lokalne temperature zraka (Santamouris, 2014). Zatravljene površine in grmovna zarast sicer prispevajo manjši hladilni učinek, vendar pomembno dopolnjujejo zeleni sistem ter povečujejo biotsko raznovrstnost in ekološko stabilnost urbanih območij (Gunawardena idr., 2017).

Dostopnost zelenih površin je ključna za doseganje zdravstvenih koristi in socialne pravičnosti. Zelene površine morajo biti enakomerno dostopne vsem prebivalcem, ne glede na starost, mobilnost ali socialnoekonomski status. Ureditve, kot so dostopne poti, klopi, senčni prostori in vodni elementi, povečujejo ugodje ter spodbujajo pogostejšo in daljšo uporabo (Armson idr., 2012; Ziter idr., 2019). Vključevanje skupnosti v načrtovanje in vzdrževanje zelenih površin dodatno krepi občutek pripadnosti in socialno kohezijo, kar ima tudi dolgoročne pozitivne učinke na zdravje in blaginjo prebivalcev (Jennings idr., 2024).

Prihodnji urbani razvoj bi moral zelene površine obravnavati kot temeljni gradnik trajnostnega urbanizma, ki povezuje spoznanja s področij mikroklimе, javnega zdravja in prostorskega načrtovanja. Še posebej na interdisciplinarnih dokazih temelječe načrtovanje omogoča učinkovitejšo blaženje UTO in dolgoročno izboljšanje kakovosti bivanja v urbanih območjih.

Razumevanje teh mehanizmov je ključno za urbaniste in načrtovalce, saj omogoča strateško postavitve zelenih površin, ki ne le vizualno, strukturno in socialno obogatijo mesto, ampak tudi aktivno prispevajo k zmanjšanju urbanega pregrevanja ter s tem izboljšujejo zdravje in blaginjo prebivalcev.

Preglednica 2: Sintezni prikaz strateških vidikov urbanističnega razvoja mesta z vidika vpliva zelenih površin na mikroklimo in zdravje

Strategija; načrtovalska metoda	Tip vegetacije; zelene površine	Ključni mehanizmi	Mikroklimatski učinek	Vpliv na zdravje prebivalcev
Zeleni sistem mesta – omrežje elementov zelenega sistema	Prednostno listavci; mestni gozdovi, parki, drevoredi, zeleni pasovi, navezava v zaledje	Senčenje, evapotranspiracija, hlajenje s pomočjo prevetrenosti	Znižanje temperature površine za 1–12 °C, zmanjšanje UTO	Zmanjšanje tveganja toplotnega stresa, izboljšanje termičnega udobja, večja telesna aktivnost
Senčne površine na izpostavljenih območjih centralnih dejavnosti	Drevesa z gosto krošnjo, drevoredi, gruče dreves – prednostno listavci; žepni parki, ulice, trgi, šolska igrišča	Senčenje, visoka evapotranspiracija	Zmanjšanje segrevanja tal in fasad, lokalno zniževanje temperature	Zmanjšanje srčnožilnih in dihalnih obremenitev, zmanjšan stres
Multifunkcionalne zelene površine	Parki, sprehajalne poti, igrišča in druge v preostalih razdelkih navedene površine, ki omogočajo multifunkcionalno rabo	Senčenje, evapotranspiracija, absorpcija sončnega sevanja	Blaženje mikroklimе, izboljšanje zračnega toka, homogena temperatura	Telesna aktivnost, zmanjšan stres, izboljšana koncentracija, boljši spanec
Zelene strehe in vertikalne ozelenitve predvsem v gosto pozidanih območjih	Strehe in fasade z avtohtonim rastjem	Evapotranspiracija, toplotna izolacija, senčenje	Znižanje temperature stavb, zmanjšanje emisij toplote v okolico	Zmanjšanje toplotnega stresa v notranjih prostorih, manjša poraba energije odtis, boljše počutje
Razpršene zelene površine	Zatravljene površine, grmovna zarast, posamična drevesa ali manjše gruče dreves; žepni parki in manjše ulične ureditve, vključno s parkirišči, zasebni vrtovi	Delno senčenje, evapotranspiracija	Mikrolokalno znižanje temperature, zmanjšanje segrevanja tal	Dopolnilni učinek na lokalno termično ugodje, psihološki in socialni učinki (socialna kohezija, stik z naravo)
Dostopne in participativno načrtovane zelene površine	Vsi tipi	Senčenje, evapotranspiracija, socialna interakcija	Posredno zmanjšanje toplotnega stresa, povečanje trajnosti in uporabe zelenih površin	Socialna kohezija, občutek lastništva prostora, izboljšanje duševnega zdravja, večja telesna aktivnost

6 Sklep

Pregled raziskav in mehanizmov delovanja zelenih površin jasno kaže, da so zelene površine ključni gradnik trajnostnega urbanega okolja. S senčenjem, evapotranspiracijo in razprševanjem toplote prispevajo k znižanju temperatur v mestih, zmanjšujejo intenzivnost UTO ter izboljšujejo mikroklimatske razmere, kar neposredno vpliva na zmanjšanje tveganja toplotnega stresa pri prebivalcih. Poleg termičnih učinkov vegetacija izboljšuje kakovost zraka, zmanjšuje nastajanje prizemnega ozona in drugih sekundarnih onesnaževal ter s tem dodatno ščiti dihalni sistem, zlasti pri ranljivih skupinah prebivalcev.

Hkrati zelene površine prispevajo k duševnemu zdravju in socialni koheziji: omogočajo rekreacijo, družbeno interakcijo in občutek povezanosti z naravo, kar povečuje kakovost in uporabnost urbanih prostorov. Njihova učinkovitost je odvisna od velikosti, gostote, vrste vegetacije, prostorske razporeditve in povezljivosti med posameznimi elementi zelenih površin. Optimalna integracija zelene infrastrukture v urbano tkivo, ob upoštevanju nadzemnega in podzemnega prostora, ki je potreben za doseganje mikroklimatskih učinkov, ter zagotavljanje pravične dostopnosti prebivalcem omogočata največje sinergijske učinke na mikroklimo in zdravje.

Za trajnostno prilagajanje mest podnebnim spremembam in blaženje pregrevanja je nujno, da urbanisti in načrtovalci zelene površine obravnavajo kot strateški element urbanega razvoja, ki povezuje mikroklimatske, javnozdravstvene in socialne koristi. Skupno, zelene površine niso zgolj estetski ali rekreativni dodatek mestnemu tkivu, temveč so aktivni in neprecenljivi instrument za izboljšanje zdravja prebivalcev, blaženje urbanega pregrevanja in podporo trajnostnemu urbanemu razvoju.

Viri in literatura

- Aram, F., Higuera García, E., Solgi, E. in Mansournia, S. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5(4), e01339. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01339>
- Armsom, D., Stringer, P. in Ennos, A. R. (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(3), 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.05.002>
- Artmann, M., Chen, X., Iojă, C., Hof, A., Onose, D., Poniży, L., Zavodnik Lamovšek, A. in Breuste, J. (2017). The role of urban green spaces in care facilities for elderly people across European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.007>
- Berry, H. L., Bowen, K. in Kjellstrom, T. (2010). Climate change and mental health: A causal pathways framework. *International Journal of Public Health*, 55, 123–132. <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0112-0>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. in Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- European Environment Agency (EEA). (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/urban-adaptation-to-climate-change>
- European Environment Agency (EEA). (2023a). *Air quality in Europe: Combined effects of air pollution and heat exposure in Europe: Time for action*. <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/editorial/combined-effects-of-air-pollution-and-heat-exposure>
- European Environment Agency (EEA). (2023b). *Nature-based solutions in urban areas: Nature-based solutions play crucial role in building Europe's climate resilience*. <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/nature-based-solutions-play-crucial-role>
- Feng, Y., Wang, J., Zhou, W., Li, X. in Yu, X. (2022). Evaluating the cooling performance of green roofs under extreme heat conditions. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.874614>
- Gasparrini, A., Guo, Y., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y.-L. L., Wu, C.-F., Kan, H., Yi, S.-M., Coelho, M. de S. Z. S., Saldiva, H. N., Honda, Y., Kim, H. in Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature. *The Lancet*, 386(9991), 369–375. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R. in Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Goličnik Marušić, B., Dremel, M. in Ravnikar, Ž. (2023). A frame of understanding to better link nature-based solutions and urban planning. *Environmental Science and Policy*, 146, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.05.005>
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J. in Kershaw, T. (2017). Utilising green and blue space to mitigate urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 584–585, 1040–1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- Harlan, S. L. in Ruddell, D. M. (2011). Climate change and health in cities: Impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.001>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. V: H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (ur.), Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jennings, V., Rigolon, A., Thompson, J., Murray, A., Henderson, A. in Gragg, R. (2024). The dynamic relationship between social cohesion and urban green space in diverse communities: Opportunities and challenges to public health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(6), 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph21060800>
- Livesley, S. J., McPherson, E. G. in Calafietra, C. (2016). The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles

- at the city scale. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 119–124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.09.0463>
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S. in Spreuuenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: How strong is the relation? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(7), 587–592. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.043125>
- Madjidi, F., Bidokhti, A. A., Ghader, S. in Mansori, N. (2013). Cooling and warming effects of a grass covered area and adjacent asphalt area in a hot day. *International Journal of Occupational Hygiene*, 5(2), 56–63. <https://doi.org/10.29279/ijoh.v5i2.56>
- Ministrstvo za promet in infrastrukturo Baden-Württemberg. (2012). *Städtebauliche Klimafibel: Hinweise für die Bauleitplanung [Urbanistični podnebni priročnik: smernice za prostorsko načrtovanje]*. Stuttgart: Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg.
- Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M. in Williams, N. S. G. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. in Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>
- Obradovich, N., Migliorini, R., Mednick, S. C. in Fowler, J. H. (2017). Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate. *Science Advances*, 3(5), e1601555. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601555>
- Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates* (2nd ed.). Routledge.
- Peng, L. L. H., Jiang, Z., Yang, X., He, Y., Xu, T. in Chen, S. S. (2020). Cooling effects of block-scale facade greening and their relationship with urban form. *Building and Environment*, 169, 106552. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106552>
- Perini, K. in Rosasco, P. (2013). Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and Environment*, 70, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012>
- Radinja, M., Atanasova, N. in Zavodnik Lamovšek, A. (2021). Vodarski pogled na uvajanje modro-zelene infrastrukture v mestih. *Urbani izziv*, 32(1), 28–39. <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-2021-32-01-003>
- Rahman, M. A., Stratopoulos, L. M. F., Moser Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K. H., Rötzer, T., Pretzsch, H. in Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta analysis. *Building and Environment*, 170, 106606. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606>
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies. *Solar Energy*, 103, 682–703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.08.029>
- Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C. in Davin, E. L. (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, 12, 6763. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w>
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. in Erell, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology*, 31(10), 1498–1506. <https://doi.org/10.1002/joc.2177>
- Šiftar, A., Bavcon, B., Maljevac, T. in Simoneti, M. (2017). *Mestno drevje*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Botanični vrt.
- Twohig-Bennett, C. in Jones, A. (2018). The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environmental Research*, 166, 628–637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>
- World Health Organization (WHO). (2016). *Urban green spaces and health: A review of evidence*. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341>
- World Health Organization (WHO). (2025). *Heat and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>
- Wu, Y., Mashhoodi, B. in Patuano, A. (2025). Effective street tree and grass designs to cool European neighbourhoods. *Urban Climate*, 61, 102376. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102376>
- Zimmermann, A. (2020). *Elements in Landscape: Areas, Distances*. Birkhäuser.
- Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J. in Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(15), 7575–7580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>
- Zou, Z., Yang, Y. in Qiu, Q. Y. (2019). Quantifying the evapotranspiration rate and its cooling effects of urban hedges based on three-temperature model and infrared remote sensing. *Remote Sensing*, 11(2), 202. <https://doi.org/10.3390/rs11020202>