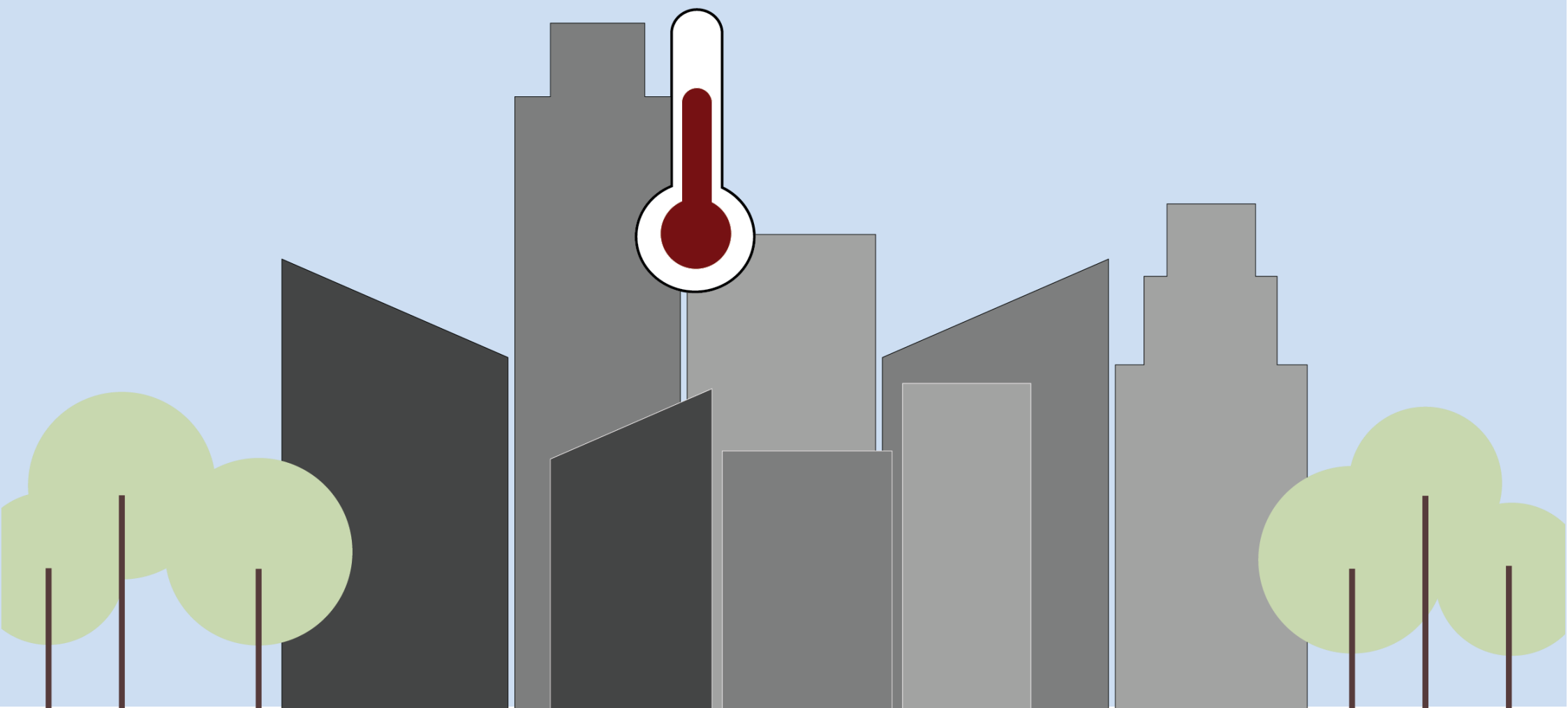


PRIRUČNIK O UBLAŽAVANJU URBANIH TOPLINSKIH OTOKA



IMPRESSUM

Ovaj dokument izrađen je u sklopu projekta „Potpora provedbi mjera zelene tranzicije u području obnove zgrada oštećenih potresima u okviru Nacionalnog plana oporavka i otpornosti“ (engl. Support for Implementing Green Transition Measures under Croatia’s NRRP in Reconstructing Earthquake-Damaged Buildings project).

Projekt je financiran od strane Europske unije putem Instrumenta tehničke podrške (TSI), a zajednički se provodi s Europskom bankom za obnovu i razvoj (EBRD) i Glavnom upravom Europske komisije za potporu strukturnim reformama (DG REFORM). Tehnička podrška se pruža Ministarstvu prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine u Republici Hrvatskoj.



**Financira
Europska unija**



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo prostornoga uređenja,
graditeljstva i državne imovine

EFEKT URBANIH TOPLINSKIH OTOKA I ČIMBENICI RAZVOJA

Razvojem gradova neizbježno dolazi do promjena u prostoru i krajobrazu s obzirom na to da zgrade, ceste i druga izgrađena infrastruktura zamjenjuju prirodna područja. U prirodnim područjima površine su propusne i vlažne, no prilikom urbanizacije one se transformiraju u suhe i nepropusne površine, a gradnja utječe na promjenu smjera i brzine vjetra. **Takve promjene u korištenju zemljišta dovode do nastanka urbanih toplinskih otoka (UTO).**

UTO predstavlja klimatski fenomen koji uzrokuje više temperature tla i zraka u urbanim područjima u odnosu na ruralna i prirodna okruženja. Upravo ta razlika u temperaturi predstavlja UTO. Godišnja prosječna temperatura zraka velikoga grada s milijun ili više stanovnika može biti od 1 do 3 °C viša od temperature zraka u okolini. Tijekom mirnih noći, razlika u temperaturi može doseći čak 10 °C. I manji gradovi i naselja suočavaju se s toplinskim otocima, ali njihova izraženost je manja. Intenzitet pojave UTO-a povezan je s obujmom izgrađenih površina, gustoćom izgradnje, ljudskim aktivnostima, socioekonomskim utjecajima, udjelom vegetacije (naročito dendroloških vrsta), vremenskim uvjetima i dr.

Ovaj Priručnik izrađen je kako bi Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine omogućilo jedinicama lokalne samouprave (JLS) okvir za identifikaciju UTO-a te pružilo set okvirnih smjernica s posebnim fokusom na mjere zelene urbane obnove. Jedan od aspekata ovog Priručnika je metodologija za identifikaciju učinaka UTO-a koja uzima u obzir različite karakteristike poput izgrađenosti i korištenja površina, kao i pregled mogućih smjernica za ublažavanje. Priručnik sadrži ilustrativne primjere primjene dobre prakse kako bi se olakšao prijenos znanja lokalnim vlastima i relevantnim dionicima.

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA STVARANJE EFEKTA URBANOG TOPLINSKOG OTOKA

Klimatski čimbenici igraju ključnu ulogu u formiranju i jačanju UTO-a. Temperatura zraka, relativna vlažnost, vjetar i oborine imaju velik utjecaj na ovaj fenomen. Visoke temperature uzrokovane antropogenim djelovanjem poput **prometa i industrije pridonose povećanju temperature tla i zraka u urbanim područjima**. Smanjena vlažnost zraka dodatno pojačava učinak toplinskih otoka s obzirom na to da su urbanizirane površine manje vlažne i sklonije zagrijavanju. Smanjena brzina vjetra u urbanim područjima otežava raspršivanje topline, a promjene u vlažnosti mogu utjecati na termalnu udobnost i povećati toplinski stres za stanovnike. Tijekom toplinskih valova učinak toplinskih otoka se pojačava, no razina varira ovisno o lokaciji i vremenu.

U budućnosti će se rizici od toplinskih valova za gradove i infrastrukturu dodatno pogoršati. Ovisno o scenariju emisija stakleničkih plinova, velik dio populacije mogao bi biti izložen ekstremnoj toplini i vlazi do kraja stoljeća, a gradovi u srednjim geografskim širinama posebno su podložni ovim rizicima. Klimatske promjene već imaju velik utjecaj na urbano okruženje, a više temperature i promijenjeni vremenski obrasci samo će pogoršati situaciju. **Utjecaj klimatskih promjena na UTO je kompleksan, uključujući interakcije između meteoroloških, okolišnih i prostornih čimbenika.**

PREGLED ČIMBENIKA

KLIMATSKIH

POVEĆANJE TEMPERATURE ZRAKA

Prosječne temperature u urbanim područjima Europe su porasle za 1 do 3 °C, uzrokujući povećano toplinsko opterećenje. Visoke temperature utječu na zagrijavanje urbanih površina poput asfaltnih prometnica, zgrada i krovova, što dovodi do povećanja temperature u gradovima.

ČEŠĆI I INTENZIVNIJI TOPLINSKI VALOVI

Broj dana s izrazito visokim temperaturama (iznad 35 °C) povećao se u Europi, uzrokujući češće i intenzivnije toplinske valove. Klimatske promjene dovode do ranijeg početka toplinskih valova i njihova duljeg trajanja, što dodatno povećava temperaturne razlike između grada i okolice.

PROMJENE U OBRASCIMA OBORINA

Klimatske promjene donose promjene u obrascima oborina, što može utjecati na vodnu bilancu u urbanim područjima. Sušna razdoblja tijekom ljeta dodatno pojačavaju efekte UTO-a, dok nedostatak vode može ograničiti mogućnosti hlađenja i opskrbu vodom.

PROJEKCIJE UTJECAJA KLIMATSKIH PROMJENA NA TOPLINSKE OTOKE U HRVATSKOJ

Analize Državnog hidrometeorološkog zavoda RH pokazuju porast broja toplih dana i toplih noći u Hrvatskoj, posebno u Zagrebu. Urbani efekt zagrijavanja je izražen, posebno zbog izgrađenih betonskih površina, što rezultira snažnim zagrijavanjem u unutrašnjosti zemlje.

PREGLED OSTALIH ČIMBENIKA

Uklanjanje vegetacije u urbanim područjima dovodi do smanjenja zasjenjenih površina te izostanka procesa evapotranspiracijom kojom vegetacija snižava temperaturu zraka.

Svojstva građevinskih materijala poput sposobnosti reflektiranja sunčeve svjetlosti, toplinske emisije i toplinskog kapaciteta utječu na povećanje temperature u gradovima. Zbog toga gradska središta tijekom dana mogu apsorbirati i pohraniti dvostruko više topline u usporedbi s njihovim ruralnim okruženjem.

Urbana morfologija utječe na strujanje zraka i sposobnost površina da emitiraju dugovalno zračenje natrag u atmosferu. S obzirom na gustu izgradnju gradova, površine i građevine često su barem djelomično zaklonjene susjednim zgradama ili drugim građevinama, zbog čega ne mogu brzo i neometano otpuštati toplinu.

Antropogeni izvori topline odnose se na toplinu proizvedenu ljudskim aktivnostima u urbanom okruženju, a toplina se procjenjuje kao zbroj energije utrošene za grijanje i hlađenje, rad uređaja, promet i industrijske procese.

Promjena vodne bilance u gradovima rezultat je promijenjenih površinskih svojstava u gradu (npr. velike površine pod vodonepropusnim materijalima). Zbog brzog otjecanja oborinskih voda sivom infrastrukturuom i nedostatne vegetacije u gradovima smanjuju se transpiracija i isparavanje vode iz tla, što se odražava na nižu apsolutnu i relativnu vlažnost zraka.

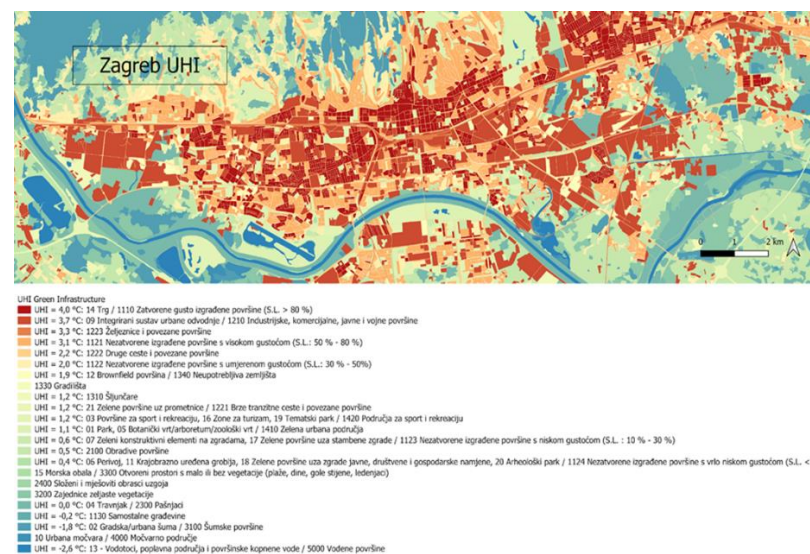
Vremenski i geografski čimbenici poput smjera i brzine vjetra, položaja i lokalne topografije gradova utječu na stvaranje efekta UTO-a. Na primjer, velike vodne površine u blizini gradova umanjuju temperaturne fluktuacije i temperature, dok su gradovi smješteni u kotlinama uglavnom slabo prozračeni.

URBANI TOPLINSKI OTOCI U HRVATSKOJ

Analize Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske ukazuju na problem UTO-a uzrokovanog klimatskim promjenama. Naime, zatopljenje u Hrvatskoj očituje se u svim indeksima temperaturnih ekstrema, a to su značajan porast broja toplih dana, porast broja toplih dana u proljeće, porast broja ljetnih toplih noći na Jadranu i produljenje toplih razdoblja. Snažno zagrijavanje u unutrašnjosti Hrvatske posebno je vidljivo na području Zagreba, što upućuje na jak urbani efekt zagrijavanja, a osobito je izražen porast broja toplih noći zbog povećanog zagrijavanja izgrađenih betonskih površina. Na godišnjoj razini na području cijele Republike Hrvatske u razdoblju 2041. – 2070. bit će najmanje 12 toplih dana više nego u razdoblju 1981. – 2010. Krajnji istok zemlje očekuje porast od 12 do 15 dana, a područje središnje Hrvatske od 15 do 18 toplih dana. Područje gorske Hrvatske te unutrašnjost Dalmacije i Istre imat će do 21 topli dan više, dok će usko obalno područje u razdoblju 2041. – 2070. imati i do 24 topla dana više u odnosu na razdoblje 1981. – 2010. Godišnje promjene trajanja toplih razdoblja, u skladu s promjenama broja toplih dana, postupno se povećavaju od istoka zemlje preko središnjih i gorskih predjela te poprimaju maksimum uz obalu. Navedeni prostorni porast, od istoka preko središnjih i gorskih područja prema obali, karakterističan je za sve četiri sezone. Najizraženiji je ljeti, a najmanje izražen zimi.

Najveće urbano područje u Republici Hrvatskoj je Zagreb, čije metropolitansko područje naseljava oko milijun ljudi, a slijede Split i Rijeka, jedini hrvatski gradovi s više od sto tisuća stanovnika. Kada se govori o efektu UTO-a, često se aludira na

njegove učinke u velikim milijunskim gradovima, no on se može formirati i u manjim gradovima jer primarno ovisi o koncentraciji umjetnih materijala poput betona, asfalta, stakla i dr. Stoga je potrebno naglasiti da će se UTO formirati i u manjim urbanim sredinama kojih u Hrvatskoj ima mnogo, što će imati negativne posljedice na zdravlje tog dijela stanovništva. Međutim, veći će gradovi imati i veći negativan učinak UTO-a i intenzitet, tj. razliku između temperature centra grada i njegove okolice, od manjih gradova. Na slici u nastavku vidljiva je prostorna distribucija UTO-a na području grada Zagreba koja jasno pokazuje kako su gušće izgrađena područja izložena višim temperaturama u odnosu na neizgrađene, a naročito zelene i vodne površine.



Učinak UTO-a na primjeru Zagreba prema različitim vrstama pokriva urbanog zemljišta

Urbana morfologija znatno se razlikuje između gradova na teritoriju RH i na njih uvelike utječu fizičko-geografske karakteristike. Primjerice, obalni gradovi su često gušće naseljeni od kontinentalnih, dijelom zbog prirodne osnove, a dijelom zbog gospodarskih i ekonomskih razloga koji uvjetuju litoralizaciju, zbog čega se obalni gradovi šire u uskom obalnom pojasu. Velik broj obalnih gradova je ograničen planinskim preprekama koje ne dozvoljavaju širenje u unutrašnjost, a istodobno zbog litoralizacije većina stanovništva ostaje povezana s obalnim pojasom. Zbog toga obalni gradovi imaju znatno heterogeniju urbanu morfologiju od kontinentalnih gradova koji pokazuju znatno manju složenost topografije i često se nalaze u riječnim ravnicama. Njihova urbana struktura je stoga pravilnija jer se širenje grada moglo provesti uz određenu razinu planiranja. Također, u gradovima kroz koje prolazi rijeka postoji utjecaj ohlađivanja zbog prisutnosti vodene površine koja smanjuje toplinsko opterećenje. Negativan utjecaj UTO-a na stanovništvo i posjetitelje gradova posebno je izražen u većim hrvatskim gradovima i turističkim destinacijama u ljetnoj sezoni. U sklopu pojačavanja negativnih efekata zbog utjecaja klime posebno se izdvaja mediteranski dio priobalnog područja gdje će efekti biti znatno izraženiji nego u gorskom ili panonskom dijelu države. Osim klimatske diferencijacije, među navedenim područjima očituju se razlike u značajkama poput reljefnog okruženja, morfologije gradova te tradicionalnih materijala korištenih u gradnji koji svi na specifičan način utječu na pojačavanje ili smanjivanje negativnih efekata UTO-a. Zbog toga je potrebno identificirati sve pozitivne i negativne čimbenike te njima prilagoditi mjere za ublažavanje negativnih efekata UTO-a.

VAŽNOST IDENTIFIKACIJE I UBLAŽAVANJA URBANIH TOPLINSKIH OTOKA

Utjecaj UTO-a na okoliš i zdravlje stanovnika predstavlja značajan izazov u urbanim područjima diljem svijeta. Solarna radijacija, tj. toplinska energija koja dopire do gradskih površina glavni je prirodni pokretač formiranja UTO-a, dok antropogeno djelovanje utječe na povećanje tog efekta. Povećana urbanizacija rezultira stvaranjem UTO-a pa su temperature znatno više nego u okolnim ruralnim područjima. Intenzitet i izraženost ovog fenomena rastu s povećanjem temperature prostora te širenjem gradova i izgradnjom na okolna ruralna i prirodna područja. To dovodi do štetnih posljedica, uključujući promjene u ekosustavima, povećanu potrošnju energije za hlađenje i zdravstvene probleme stanovnika gradova.

POTROŠNJA ENERGIJE

Globalno zagrijavanje i efekti UTO-a imaju **značajan utjecaj na potrošnju energije u zgradama**, posebno povećavajući potrebu za klima-uređajima radi hlađenja. Ljeti ukupna potrošnja električne energije i vršno energetske opterećenje mogu porasti, čak i do petine. Za svaki stupanj porasta temperature zraka u rasponu od 20 do 25 °C potražnja u ruralnim prostorima za električnom energijom za klimatizaciju ili hlađenje raste između 3 i 4 %. U urbanim prostorima, zbog

dodatnih zagrijavanja nastalih zbog učinaka UTO-a, potražnja za električnom energijom za rashlađivanje može narasti dodatnih 5 do 10 %. Najveća potražnja obično se javlja tijekom vrućih ljetnih popodneva radnim danom, kada se koriste klima-uređaji, svjetla i elektronski uređaji. Tijekom ekstremnih toplinskih događaja, koji pogoršavaju efekt UTO-a, povećana upotreba klima-uređaja može opteretiti sustave ili čak dovesti do prekida električne energije.

Jedan od rijetkih pozitivnih učinaka UTO-a je smanjenje potrebne energije za grijanje stambenih prostora tijekom hladnog dijela godine. Smanjenje potrebe za grijanjem, posebice fosilnim gorivima, pozitivno utječe na poboljšanje kvalitete zraka i smanjenje onečišćenja u urbanim područjima. Utjecaj klimatskih promjena i UTO-a prisutan je i u Hrvatskoj, a ukazuje na povezanost između potrošnje energije i klimatskih promjena tijekom toplijeg i hladnijeg dijela godine.

POVIŠENE EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA I ONEČIŠĆENJE ZRAKA

Povećana potražnja za električnom energijom za rashlađivanje **pridonosi većim emisijama stakleničkih plinova i onečišćenju zraka**, posebno zbog velike upotrebe fosilnih goriva u energetske sektoru. Ovi zagađivači imaju štetan utjecaj na ljudsko zdravlje pogoršavajući kvalitetu zraka formiranjem niskog ozona (smoga), sitnih čestica i kiselih kiša. Niski ozon nastaje kao rezultat reakcije dušikovih oksida i hlapljivih organskih spojeva pod utjecajem sunčeve svjetlosti i visokih temperatura.

UGROŽAVANJE ZDRAVLJA, PRODUKTIVNOSTI I SMANJENJE KVALITETE ŽIVOTA

Toplinski stres povezan je s nizom zdravstvenih problema za stanovnike urbanih područja, pri čemu su posljedice viših urbanih temperatura nejednako raspoređene među urbanim populacijama. Toplinski otoci pridonose višim dnevnim temperaturama, smanjenju noćnog hlađenja i većim razinama zagađenosti zraka. Navedeno uzrokuje stanja i bolesti povezane s toplinom, kao što su opća nelagoda, respiratorne tegobe, grčevi od topline, toplinska iscrpljenost i toplinski udar, a u nekim slučajevima mogu imati i smrtne posljedice. Populacija starije životne dobi među najosjetljivijima je na ekstremnu toplinu zbog fizioloških, psiholoških i socioekonomskih čimbenika. Starije osobe, posebno žene, često su lošijeg zdravstvenog stanja, osjetljivije na visoke temperature, manje pokretne i izolirane, te imaju niske prihode. Djeca su također osjetljivija na ekstremnu toplinu zbog malene tjelesne mase, fizioloških karakteristika i načina života. Na primjer, brže disanje kod djece u odnosu na veličinu tijela, dulji boravak na otvorenom i dišni sustav koji je u razvoju povećavaju rizik od pogoršanja astme i drugih plućnih bolesti uzrokovanih zagađenjem zraka niskim ozonom i smogom tijekom toplinskih valova. Stanovništvo s nižim prihodima izloženo je većem zdravstvenom riziku od vrućine zbog loših uvjeta stanovanja, koji uključuju npr. nedostatak klima-uređaja i život u kućama s neadekvatnom toplinskom izolacijom. Tijekom toplinskih valova posebno su ugroženi ljudi s dijabetesom, tjelesnim oštećenjima i kognitivnim nedostacima. Stabilizacija klimatskog zagrijavanja može značajno smanjiti

rizike za zdravlje stanovništva tijekom toplinskih valova. Dehidracija i toplinski stres **negativno utječu na ponašanje, učenje i kognitivne funkcije svih dobnih skupina**. Postoji i povezanost između ekstremnih temperatura i povećane incidencije raznih zdravstvenih problema kao što su epileptički napadaji i neurološke smetnje.

Više temperature u urbanim područjima stvaraju nejednaka ekonomska opterećenja za stanovnike i kućanstva. Naime, u pojedinim regijama postoji veća potreba za upotrebom klima-uređaja te dolazi do velike potrošnje energije tijekom toplih razdoblja. Ekonomska opterećenja uzrokuju i medicinski troškovi povezani s liječenjem bolesti izazvanih toplinom te izostanak s posla. Nadalje, zabilježeni su nerazmjerni porasti rizika za osobe nižeg socijalno-ekonomskog statusa izložene urbanoj toplini. Navedeni rizici proizlaze iz neadekvatnih uvjeta stanovanja, rjeđeg korištenja i pristupa klima-uređajima te obavljanja fizičkih poslova na otvorenom, što pogoršava izloženost toplini.

Intenzitet UTO-a raste s intenzivnijom urbanizacijom, što ima negativne učinke na vrijednost nekretnina, stopu korištenja i opću atraktivnost ulaganja. Nadalje, ekstremne temperature uzrokovane UTO-om negativno utječu na sportske i kulturne događaje, i to na dvojak način – smanjujući kvalitetu izvedbe te iskustvo i zdravlje sudionika i gledatelja. Navedeni učinci također imaju direktan utjecaj na smanjenje broja posjetitelja, čime se izaziva i dodatna monetarna šteta.

OSTALI UTJECAJI NA OKOLIŠ

Osim na urbani prostor i stanovništvo, negativni učinci UTO-a odražavaju se i u vodnim sustavima jer UTO uzrokuje promjene u vodnoj bilanci i biološkoj aktivnosti. Povećane temperature na površini cesta i krovova zagrijavaju kišnicu koja se ispušta u vode podižući temperaturu vode u rijekama, jezerima i moru, što ima **negativan utjecaj na vodne ekosustave i životinjske vrste koje ovise o tim staništima**. Nedostatak elemenata zelene infrastrukture, kao što su kišni vrtovi i zeleni krovovi, dodatno otežava hlađenje oborinske vode i poboljšanje njezine kvalitete. Negativan učinak UTO-a očituje se i u vodnim bilancama pa tako u ljetnim mjesecima, pogotovo u sušnim razdobljima, raste vjerojatnost za nestašicom vode u urbanim prostorima.

UTO pridonosi **povećanju rizika od požara** isparavanjem vlage iz tla i sušenjem vegetacije, što olakšava širenje požara iz rubnih u unutrašnje dijelove grada.

Istraživanja pokazuju da povećanje temperature okoliša i intenzitet UTO-a **negativno utječu na rast i razvoj urbanih stabala** smanjujući njihovu otpornost na stres i skraćujući njihov životni vijek. Učinkovito upravljanje urbanom zelenom infrastrukturom postaje ključno za suočavanje s izazovima povezanim s UTO-om i očuvanje okoliša u urbanim područjima.

PREGLED METODOLOGIJE ZA IDENTIFIKACIJU URBANIH TOPLINSKIH OTOKA

Identifikacija UTO-a je proces prepoznavanja i kvantifikacije temperaturnih razlika koje ukazuju na učinke UTO-a (pokazuju znatno više temperature u usporedbi s okolnim ruralnim područjima), a glavni je cilj utvrditi prisutnost i intenzitet efekata UTO-a.

U literaturi postoji velik broj metoda i tehnika za određivanje opsega i svojstava UTO-a, a međusobno se razlikuju prema cilju istraživanja, korištenim ulaznim podacima, preciznosti i razini složenosti. **Najčešće korištene metode su numeričko modeliranje, analiza daljinskim istraživanjima i in situ mjerenjima.**

S obzirom na to da je potrebno omogućiti analizu postojećeg stanja za sve jedinice lokalne samouprave na razini RH, što podrazumijeva dostupnost podataka na nacionalnoj razini, predložena je **osnovna metodologija koja objedinjuje korištenje dostupnih podataka o korištenju zemljišta, zračnim snimkama i matematičko modeliranje solarnog zračenja.**

Kao osnovni prostorni podatak za identifikaciju UTO-a moguće je korištenje karte vegetacije i vrste zemljišta dostupne u obliku

Temeljne topografske baze (TTB) koja je izrađena po CROTIS metodologiji i u ingerenciji je Državne geodetske uprave. Navedeni podaci dostupni su na zahtjev i kartirani su u mjerilu 1:10.000, što je trenutačno jedini podatak te vrste i detaljnosti dostupan za cjelokupni teritorij Republike Hrvatske. Satelitskim mjerenjima bilo bi moguće mapirati kategorije iz TTB-a s kategorijama učinaka toplinskog otoka.

TTB sadrži opis pokrova zemljišta u bilo kojoj točki površine te tako određuje područja s prirodnim i izgrađenim objektima, a karakterizira i način ljudskog korištenja ili djelovanja. Kao što je ranije navedeno, antropogeni utjecaji imaju primaran doprinos formiranju UTO-a, stoga je važno zaključiti koji to antropogeni elementi i tipovi korištenja zemljišta više pridonose povećanom toplinskom riziku od drugih.

Pokrov i korištenje zemljišta prema TTB-u uključuju sljedeće kategorije:

- Poljoprivredno zemljište
- Šumsko područje
- Stablo
- Drvored i živica
- Ostala prirodna područja
- Gospodarsko područje
- Javne površine
- Površine posebne namjene
- Upotreba zemljišta.

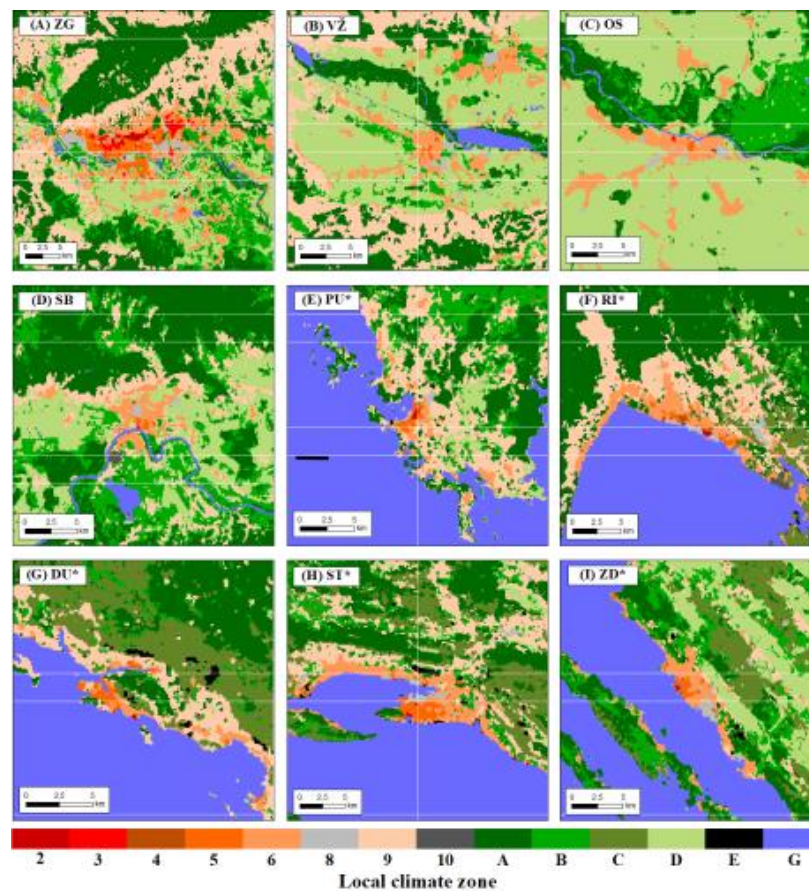
Što se tiče zračnih snimaka, moguće je korištenje digitalnog modela površine nastalog iz Multisenzorskog zračnog snimanja Republike Hrvatske, a koji je rezultirao LiDAR snimkama.

Korištenjem algoritma za izračun solarnog zračenja moguće je matematički definirati količinu zračenja po jedinici površine. Jedan od mogućih alata je *Modeling solar radiation* kojim se

izračunava suma direktnog i difuznog zračenja, a u obzir uzima topografiju terena, izgrađenost i prisutnost određenih elemenata koji utječu na količinu zračenja.

Preklapanjem slojeva pokrova i korištenja zemljišta (TTB) s izračunom solarnog zračenja te korištenjem GIS alata za prostornu analizu moguće je identificirati područja na kojima je potencijalno moguća pojava učinka UTO-a.

Ova metodologija, iako **ima neke nedostatke kao što su slabija mogućnost ažuriranja podataka i niža razina detaljnosti**, preporučuje se kao osnovna metoda zbog dostupnosti podataka na razini Republike Hrvatske.



Prikaz razlika u lokalnim temperaturama kroz lokalne klimatske zone (Žgela i suradnici 2024.)

DODATNE MOGUĆNOSTI I METODE

U slučaju dostupnosti drugih podataka na razini JLS-a moguće je provesti detaljniji postupak identifikacije. Nadalje, moguće je i korištenje javno dostupnih i usporedivih podataka na razini EU-a za one JLS-ove za koje je su takvi podaci izrađeni. Jedan od primjera je Urbani atlas (Urban Atlas Land Cover/Land Use) iz 2021. godine koji djeluje u sklopu programa Copernicus, izrađen za šest urbanih područja RH. U slučaju korištenja Urbanog Atlasa (UA), podatke o površinskoj temperaturi treba povezati s podacima o namjeni i korištenju zemljišta prema kategorijama UA. Za svaku definiranu kategoriju potrebno je napraviti izračun prosječne temperature, a moguće je korištenje referentnih vrijednosti temperature za pojedine tipove zemljišta (LULC), odnosno rezultate istraživanja autora Žibera i Ivanjšič (2022) koji su izračunali učinak toplinskog otoka za različite tipove LULC-a u gradu Mariboru, prikazane u nastavku:

- Cjelovita gradska područja: 4 °C
- Industrijske, komercijalne, javne i vojne površine: 3,7 °C
- Željeznice i povezane površine: 3,3 °C
- Nepovezana gradska područja s visokom gustoćom: 3,1 °C
- Druge ceste i povezane površine: 2,2 °C
- Nepovezana gradska područja s umjerenom gustoćom: 2 °C
- Neupotrebljiva zemljišta: 1,9 °C
- Gradilišta
- Šljunčana područja: 1,2 °C
- Brze tranzitne ceste i povezane površine: 1,2 °C
- Područja za sport i rekreaciju: 1,2 °C
- Zelena urbana područja: 1,1 °C
- Zračne luke
- Lučka područja

- Nepovezana gradska područja s niskom gustoćom: 6 °C
- Obradive površine: 0,5 °C
- Voćnjaci
- Trajni nasadi (vinogradi, voćnjaci): 0,5 °C
- Nepovezana gradska područja s vrlo niskom gustoćom: 0,4 °C
- Otvoreni prostori s malo ili bez vegetacije (plaže, dine, gole stijene, ledenjaci)
- Složeni i mješoviti obrasci uzgoja
- Zajednice zeljaste vegetacije (prirodni travnjaci, močvare...)
- Pašnjaci: 0 °C
- Samostalne građevine: -0,2 °C
- Šumske površine: -1,8 °C
- Močvarno područje
- Vodene površine: -2,6 °C.

Učinak UTO-a postoji na određenoj lokaciji unutar urbanih područja ako je razlika između temperature te lokacije i temperature izvan urbanih područja veća ili jednaka 2 °C. Prema tome, vidljivo je da su kategorije s najvećim učinkom UTO-a cjelovita gradska područja, industrijske, komercijalne, javne i vojne površine, nepovezana gradska područja s visokom gustoćom te željeznice i povezane površine, kao i ceste i povezane površine. S druge strane, kategorije koje zapravo imaju učinak ublažavanja UTO-a su vodene površine te močvarna područja i šumske površine.

Ostale mogućnosti ovisno o dostupnosti podataka pojedinog JLS-a:

- Korištenje mikroklimatskih modela za simuliranje urbane toplinske karakteristike uzimajući u obzir čimbenike poput izgradnje, zelenih površina i urbane matrice.
- Tehnika daljinskih istraživanja koja omogućuje preuzimanje podataka u različitim prostornim i vremenskim rezolucijama te pomaže u uspostavljanju prostornog uzorka površinskog UTO-a. Takvi podaci dostupni su iz različitih izvora, na primjer iz satelitskih snimaka Landsat 8 i Sentinel 3. Također su dostupni i drugi izvori podataka kao što su MODIS (niske prostorne, ali visoke vremenske rezolucije) i ECOSTRESS (visoke prostorne i temporalne rezolucije).
- In situ metoda koja uključuje podatke sa službenih meteoroloških postaja ili postavljene mreže temperaturnih senzora diljem grada, kao i mobilnih mjerenja, primjerice automobilima ili biciklima za mjerenje temperature zraka na različitim lokacijama u gradu.
- Prikupljanjem i analizom podataka visoke rezolucije moguće je dobiti uvid u prostornu raspodjelu površinske temperature na području cijelog JLS-a. Bitno je naglasiti da se površinska temperatura razlikuje od temperature zraka koju mjere meteorološke postaje. Svakako je potrebno provesti i analizu veze između izmjerene temperature (temperatura zraka ili površinska temperatura) te pokrova i namjene korištenja zemljišta. U tu svrhu moguće je koristiti lokalne klimatske zone (LKZ). S obzirom na to da se toplinske karakteristike

pojedinih dijelova grada mogu razlikovati zbog razlika u njihovoj izgrađenosti, osmišljen je tip klasifikacije koji uzima u obzir lokalne karakteristike pojedinih dijelova grada. LKZ su područja ujednačenog zemljišnog pokrova, urbane strukture, građevinskog materijala i slične ljudske aktivnosti. Podaci o površinskoj temperaturi javno su dostupni za područje cijelog svijeta i Hrvatske u razdoblju od 1980-ih do danas u visokoj prostornoj rezoluciji. Pomoću njih moguće je odrediti vremensko-prostorne promjene topline pojedinog urbanog područja. Podaci su dostupni na stranici američke geološke službe (engl. United States Geological Service, USGS).

- Termografsko snimanje infracrvenim kamerama za mjerenje temperatura na lokalnoj razini.
- Mjerenja balonima ili bespilotnim letjelicama za određivanje temperature na različitim visinama iznad urbanih područja.
- Ankete i drugi oblici društvenih istraživanja pružaju uvid u utjecaj koji izloženost stanovnika negativnim efektima UTO-a ima na njihovo ponašanje, potrebe, raspoloženje te kvalitetu života.

SMJERNICE ZA UBLAŽAVANJE URBANIH TOPLINSKIH OTOKA

U kontekstu negativnog utjecaja širenja izgrađenih dijelova naselja, poput povećanja temperatura urbanih prostora te češćih i dugotrajnijih toplinskih valova, nužno je provoditi mjere kako bi se smanjila potrošnja energije, zaštitio okoliš i očuvalo zdravlje ljudi koji borave u gradovima.

U svrhu razvoja kvalitetnih i klimatski neutralnih naselja i prilagodbe na klimatske promjene prostorno planiranje i gradnja trebali bi uključivati:

- Osiguravanje sigurnosti protiv rizika nastalih štetnim učincima klimatskih promjena (suše, požari, poplave, klizišta).
- Osiguravanje potreba za vodom i održivo upravljanje (mjere zadržavanja vode, ponovna upotreba oborinskih voda, deregulacija reguliranih vodotoka i sl.).
- Osiguravanje zelenih površina s raznovrsnim uslugama ekosustava (planiranje i razvoj visokokvalitetnih, dostupnih, povezanih zelenih površina i drugih rješenja temeljenih na prirodi, uključujući i elemente plave infrastrukture).
- Rashlađivanje naselja, urbanih prostora i zgrada (morfološki oblik izgrađenih dijelova naselja, ventilacija, gustoća izgradnje, odnos između izgrađenog i neizgrađenog).
- Kružno gospodarenje prostorom i zgradama (utjecaj na smanjenje potražnje za novim prostorom za gradnju).

- Elemente održive mobilnosti (smanjenje udjela motoriziranog prometa, višenamjenska uporaba parkirališta i prostora, učinkovita pješačka i biciklistička infrastruktura).
- Korištenje obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti.

U sljedećim dijelovima dokumenta nalazi se prijedlog smjernica ublažavanja postojećih i sprečavanja nastanka novih UTO-a s naglaskom na mjerama zelene urbane obnove, a podijeljenih prema sljedećim kategorijama:

- **Zelena i plava infrastruktura**
- **Urbanističko planiranje i oblikovanje**
- **Tehnološke mjere.**

Poseban je naglasak stavljen na mjere zelene urbane obnove odnosno smjernice za razvoj i unapređenje zelene i plave infrastrukture koje je potrebno definirati u Strategijama zelene urbane obnove, kao što je objašnjeno u zadnjem poglavlju Priručnika. Nadalje, unosom prostornih podataka o zelenim i drugim otvorenim površinama u građevinskim područjima jedinica lokalne samouprave u Registar ZI moguće je identificirati područja na kojima je potrebno razvijati elemente zelene infrastrukture.



Plava i zelena infrastruktura, Autor fotografije: Ngoc Gabriel, Pexels

ZELENA I PLAVA INFRASTRUKTURA

Razvoj urbane **zelene infrastrukture** (UZI) može djelomično ublažiti negativne efekte UTO-a pridonoseći otpornosti urbanih područja na klimatske promjene. Integracija UZI-ja u urbanističko planiranje i zakonodavstvo ključna je za postizanje ovog cilja. Studije pokazuju da UZI može smanjiti urbanu temperaturu za prosječno 1,07 °C, a u nekim slučajevima i do 2,9 °C, s naglaskom na potrebi za zasjenjivanjem površina krošnjama stabala. Korištenje rješenja temeljenih na prirodi također može ublažiti UTO, ali zahtijeva standardizirane metode za evaluaciju učinkovitosti ulaganja. Važno je uzeti u obzir i ulogu tla te prilagoditi mjere ublažavanja specifičnim karakteristikama i namjeni pojedinih lokaliteta. Multidisciplinarni pristup ključan je za uspješno ublažavanje UTO-a i drugih povezanih čimbenika u urbanim prostorima. Urbana **plava infrastruktura** predstavlja ključni element u ublažavanju negativnih učinaka UTO-a. Integracija plave infrastrukture s urbanom zelenom infrastrukturom stvara rješenja temeljena na prirodi koja podržavaju kompleksne odnose među elementima okoliša u urbanim područjima. Elementi plave infrastrukture, poput prirodnih vodnih tijela, močvara, kanala za prijenos vode, sustava za obradu oborinskih voda i plavih krovova, pokazuju se učinkovitima u smanjenju efekata UTO-a. Sinergijskim mehanizmima, poput hlađenja isparavanjem i transfera toplinske energije, ovi elementi pridonose smanjenju lokalnih temperatura stvarajući urbana područja ugodna za boravak i aktivnosti na otvorenom. **U nastavku se nalaze načelne smjernice za ublažavanje**

efekata UTO-a prema pojedinim kategorijama tipologije zelene infrastrukture.



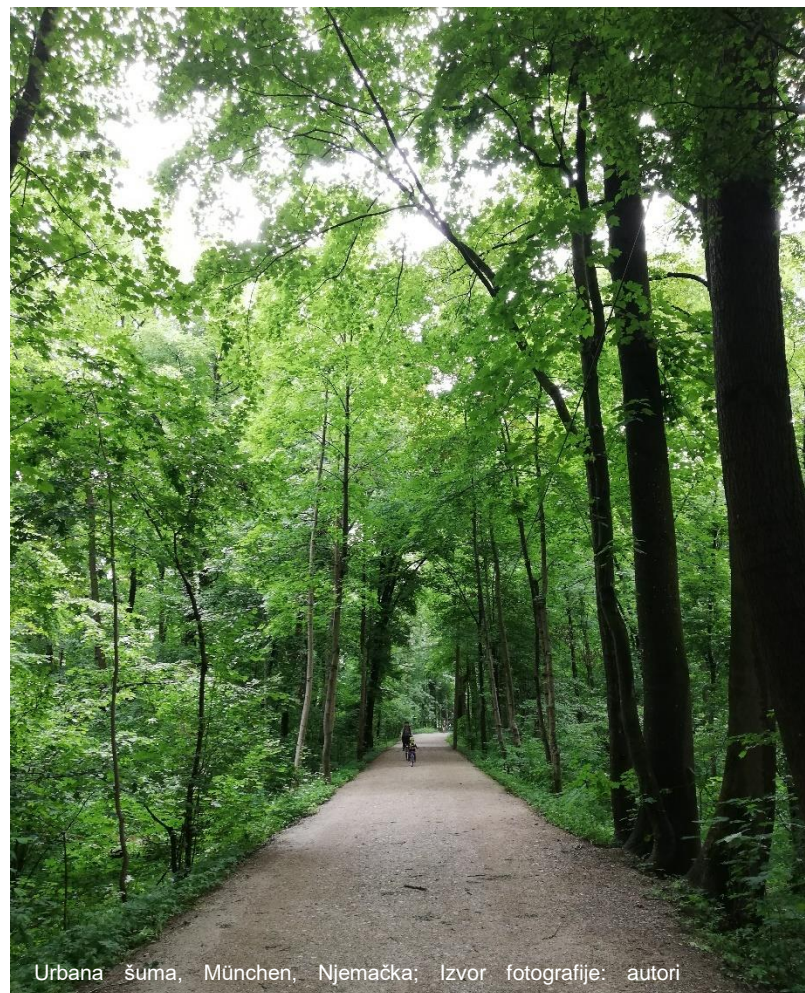
Zelena i plava infrastruktura, München, Njemačka; Izvor fotografije: autori

Urbane šume, parkovi i perivoji

Urbane šume, parkovi i perivoji, uz svoje ekološke, estetske i rekreativne funkcije, imaju velik pozitivan utjecaj na procese hlađenja urbanih prostora. Osim zasjenjivanja površina, vrlo je važno naglasiti procese kruženja vode koji se odvijaju u urbanim šumama kroz procese evaporacije vode iz tla te biljne transpiracije. Tako se dio toplinske energije, koji bi inače povećao temperaturu prostora, gubi poticanjem navedenih procesa isparavanja, čime se direktno smanjuje negativan učinak UTO-a na razini grada.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Prilikom prostornog planiranja, uz elemente orografije, preporuka je iskoristiti prirodne površine pod šumama koje je moguće proširiti urbanim šumama kako bi se dobili veliki kontinuirani prirodni rashladni koridori.
- Posebnu pozornost treba posvetiti zaštiti staništa na kojima rastu stabla kako bi se izbjeglo sabijanje tla zbog korištenja prostora, koje može imati negativan učinak na zdravstveno stanje stabala i ostalog zelenila te rezultirati smanjenjem zasjenjenih površina i smanjenjem stopa evapotranspiracije.
- Razmotriti mogućnosti širenja područja pod urbanim šumama te formiranja zelenih prstenova oko gradova.
- Omogućiti prostorno povezivanje i ispreplitanje unutar urbanog prostora s ostalim mjerama umanjavanja negativnih efekata.



Urbana šuma, München, Njemačka; Izvor fotografije: autori

Zelene površine uz prometnice

S obzirom na velik udio nepropusnih materijala i generiranje topline motornim vozilima, prometnice često predstavljaju najtoplije otvorene površine u gradovima, stoga je uz njih i u uličnoj mreži nužno provoditi mjere smanjenja temperature. Sadnja stabala uz prometnice pomaže u smanjenju efekta UTO-a zasjenjivanjem, tj. smanjenjem površinskih temperatura i povećanjem utjecaja hlađenja okoliša kroz efekte evaporacije (isparavanja) i transpiracije.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Odabir i sadnja vrsta otpornih na povećanja temperature uz prometnice kako bi se omogućila bolja prilagodba urbanog zelenila na urbane ekološke uvjete te poboljšali pozitivni učinci na reduciranje negativnih efekata UTO-a.
- Povezivanje ozelenjenih ulica s ostalim elementima UZI-ja radi uspostavljanja rashladnih i pješačkih koridora.
- Planiranje i projektiranje zelenih površina uz prometnice istodobno s planiranjem infrastrukture kako bi se osigurali povoljni uvjeti.
- Korištenje metoda koje omogućuju neometan razvoj korijena te ograničavaju i sprečavaju njegove negativne interakcije s podzemnom infrastrukturom u slučajevima ograničenog prostora za razvoj korijena u tlu. Takve metode osiguravaju adekvatan volumen nesabijenog tla koji omogućuje razvoj zdravih i otpornih stabala, gotovo neograničen pristup prostoru s vozilima, veću otpornost stabala na vjetroizvale, zone privremenog prihvata oborina i dr.



Ulični kanjoni sa zasjenjenim profilom ulice, Matosinhos, Portugal; Autor fotografije: Tadej



Uređenje zelenih površina uz prometnice; Izvor fotografije:

Trgovi

Nedostatak vegetacije, tj. stabala s krošnjama koje pružaju zasjenu i mogućnost stvaranja ugodne mikroklimе čest je problem na površinama trgova u RH. Posljedica toga su visoke temperature u ljetnim mjesecima, što dovodi do izbjegavanja duljeg zadržavanja na trgovima te korištenja takvih prostora isključivo za pješačku komunikaciju. U razdobljima visokih temperatura prostori su prazni i neiskorišteni, što pridonosi gubitku društvene funkcije trga.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- U svrhu stvaranja ugodne mikroklimе važno je provoditi projekte ozelenjivanja postojećih trgova, naročito onih dijelova u kojima bi se prolaznici mogli dulje zadržavati.
- Prilikom projektiranja novih trgova treba predvidjeti prostore za visoko zelenilo.
- Preporučuje se korištenje bjelogoričnih vrsta koje u ljetnim mjesecima stvaraju zasjenu, a u zimskim omogućuju propusnost sunčevih zraka.
- Potrebno je razmotriti tehničke mogućnosti uklanjanja dijelova popločenja, a u slučajevima gdje to nije moguće koristiti rješenja poput sadnih jama.
- Osim korištenja vegetacije, moguće je korištenje i drugih elemenata urbanog dizajna poput struktura za zasjenjivanje, materijala s utjecajem na smanjenje efekata UTO-a, umjetnih vodenih elemenata uključujući one s pitkom vodom i sl.



Ozelenjen trg, Tihany; Mađarska; Autor fotografije: Bence Szemerey.

Zeleni konstruktivni elementi na zgradama

Implementacija zelenih krovova u oblikovanje zgrada uključuje pokrivanje krovnih površina zelenilom koje apsorbira sunčevu radijaciju, reducira prodiranje topline u zgrade i do određene mjere smanjuje temperaturu neposrednog okruženja.

Uklapanje zelenih pročelja uključuje pokrivanje vertikalnih površina zelenilom koje zasjenjuje površine i reducira toplinsku apsorpciju zgrada, poboljšava kvalitetu zraka i smanjuje efekte UTO-a.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Propisivanje obaveze izvedbe zelenih krovova i pročelja na novim zgradama u skladu s uvjetima za oblikovanje građevine u prostornim planovima u područjima gdje su identificirani efekti UTO-a.
- Provedba istraživanja tehničkih mogućnosti za razvoj zelenih konstruktivnih elemenata na postojećim zgradama.
- Uvođenje programa poticanja razvoja zelenih konstruktivnih elemenata na postojećim zgradama.
- Razvoj elemenata za privremeno zadržavanje vode na površini krova u svrhu hlađenja putem evaporacije i transfera dijela toplinske energije.
- Razvoj vodnih elemenata na zelenim krovovima koji pružaju izolaciju i dodatno pridonose smanjenju površinskih temperatura.



Zeleni konstruktivni element, Rovinj, Hrvatska. Izvor fotografije: autori dokumenta

Integrirani sustavi urbane odvodnje

Sustave za obradu i odvodnju oborinskih voda čini infrastruktura izgrađena s namjenom održivog upravljanja odvodnjom oborinskih voda s nepropusnih površina (cesta, krovova i parkirališta i dr.), a preporučljivo je korištenje rješenja temeljenih na prirodi. Ovi sustavi djeluju na smanjenje efekata UTO-a na nekoliko načina:

- Odvođenjem zagrijane vode sudjeluju u transferu toplinske energije s izgrađenih ili popločanih površina na hladnije zemljane, šljunčane ili vegetacijom pokrivene površine.
- Poticanjem infiltracije i evapotranspiracije reflektiraju dio toplinske energije.
- Manje komponente zelene infrastrukture unutar sustava za obradu oborinskih voda, poput kišnih vrtova, poboljšavaju hlađenje putem evaporacije (isparavanja) i transpiracije s obzirom na fiziološke aktivnosti biljnih organizama.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Integracija sustava održive oborinske odvodnje u postojećim zelenim pojasevima ulične mreže.
- Planiranje i razvoj sustava održive oborinske odvodnje prilikom planiranja novih prometnica.
- Razvoj oblikovnih elemenata za prikupljanje, filtriranje i upijanje oborinskih voda (npr. kišnih vrtova) u svrhu rashlađivanja, naročito u područjima s karakterističnim ekstremno visokim temperaturama koje se pojavljuju nakon ekstremnih padalina u ljetnim mjesecima.
- Odabir vrsta prilagođen specifičnim uvjetima – vrste koje istodobno mogu podnijeti i povremena zasićenja tla vodom i povremena sušna razdoblja.



Integrirani sustavi urbane odvodnje; Izvor fotografije: GreenBlue Urban



Izgradnja integriranog sustava urbane odvodnje; Izvor fotografije: GreenBlue

Vodotoci, poplavna područja, površinske kopnene vode, močvare

Prirodna (rijeka, jezera, potoci, močvarna područja) i umjetno oblikovana vodna tijela (umjetna jezera, rezervoari i sl.) predstavljaju važan dio plave infrastrukture, a mogu služiti za skladištenje vode, kontrolu poplava, u rekreativne svrhe, ali i za ublažavanje efekata UTO-a. U kontekstu smanjenja efekata UTO-a vodna su tijela važna jer:

- Djeluju kao spremnici topline – apsorbiraju višak topline tijekom dana te je polako oslobađaju tijekom noći ublažavajući temperature u okolnim područjima.
- Isparavanje vodene pare s vodnih tijela omogućuje hlađenje u urbanim prostorima – dio sunčeva zračenja reflektira se pri upadu na molekule vodene pare smanjujući tako dodatno temperature.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Istraživanje mogućnosti obnove reguliranih vodotoka rijeka.
- Održavanje postojeće i sadnja nove vegetacije uz vodotoke.
- Istraživanje mogućnosti revitalizacije i oblikovanja zatvorenih potoka uklanjanjem nepropusnih materijala (engl. *stream daylighting*).
- Krajobrazno oblikovanje vodotoka kao dijela mreže rashladnih koridora.
- Oblikovanje vodnih elemenata vegetacijom prilagođenom za rast u staništima zasićenim vodom u postojećim javnim prostorima.
- Uređenje novih javnih zelenih površina s vodnim elementima hidrofilnom vegetacijom.



Kišni vrtovi s vegetacijom, Lisabon, Portugal; Autor fotografije: Tadej Glazar



Vodna površina u parku, Milano, Italija; Izvor fotografije: autori dokumenta

Odabir stabala za urbana područja

S obzirom na projekcije promjene klimatskih uvjeta, pogotovo u sezoni rasta nadzemnih dijelova stabala, u kontekstu odabira vrsta urbanih stabala potrebno je posebnu pozornost posvetiti odabiru vrsta koje se planiraju posaditi uz ulice i druga mjesta s velikim udjelom nepropusnih površina. Takva stabla moraju biti posebno prilagođena rastu u sušnim i uvjetima izloženosti intenzivnoj sunčevoj radijaciji. Također, s obzirom na to da se radi o prostorima koji se intenzivno koriste, preporučuje se odabrati vrste koje su otpornije na negativan utjecaj mehaničkih opterećenja udarima vjetra koji mogu biti dodatno pojačani efektom urbanih kanjona. Uvažavanjem navedenih karakteristika bit će potrebno izaći iz domene selekcije striktno autohtonih i udomaćenih vrsta te potražiti prikladne vrste u okruženju. S obzirom na vrlo raznolike mikroklimatske uvjete, može doći do značajnih komplikacija ako se izdvoji nekoliko vrsta pa je preporuka da se procesu izrade projekata uklapanja zelenila u urbanim prostorima pristupi multidisciplinarno uz krajobrazne arhitekta te obavezno uključivanje stručnjaka iz domene urbanog šumarstva i arborikulture. Prilikom izbora klimatski adaptiranih i biomehanički prikladnih novih vrsta te nakon istraživanja o potencijalnoj invazivnosti u novom okolišu (za više informacija pogledati EU listu invazivnih vrsta)¹ te kompatibilnosti s postojećim živim svijetom u okolišu, a prije masovne sadnje, preporučuje se provesti testove monitoringa prikladnosti vrsta u prostoru. Neke od vrsta koje bi trebalo razmotriti svakako su posebno selekcionirane vrste za urbana staništa, primjerice *Ulmus Cresista* 'New Horizon' i drugi kultivari resista brijestova, kao i vrste *Alnus x sphaetii*, *Quercus texana* 'New Madrid', *Zelkova serrata* 'Green Vase', *Gleditsia*

triachanthos 'Skyline' i cvs., *Acer rubrum* cvs., *Pyrus calleriana* 'Aristocrat', *Parotia persica*, *Jacaranda mimosifolia*, *Nyssa sylvatica*, *Fagus orientails* 'Iskander', *Platanus orientalis* 'Minaret' i sl. Od autohtonih vrsta preporučuje se razmotriti korištenje *Acer campestre* cvs., *Acer monspessulanum*, *Quercus frainetto*, *Celtis australis* (topliji kontinentalni dio RH), *Cercis siliquastrum*, *Corylus collurna*, *Fraxinus ornus*, *Vitex agnus-castus*, *Quercus coccifera* i slično. Osim primjerenog procesa selekcije, potrebno je osigurati provođenje i nadzor kvalitete pri izvođenju radova. Najveći izazov, uz izbor vrste, trenutačno predstavlja kontrola kvalitete dostavljenog sadnog materijala jer se sadnjom neprimjerenog školovanog sadnog materijala znatno narušavaju pozitivni efekti sadnje te se smanjuje efikasnost u interakciji stabala s okolišem smanjenjem zasjenjenosti površina krošnje. Na to najviše negativno utječu veliki mortalitet i značajno produljeno razdoblje prilagodbe sadnica na novo stanište. Daljnji negativan utjecaj na smanjenje efikasnosti umanjivanja negativnog učinka UTO-a ima i njega stabala ovršivanjem tj. uklanjanjem svih tanjih grana s lisnom masom. S ciljem dugoročne zaštite zasjenjenih površina, preporuka je uvesti i kompenzacijske naknade za prekomjeran gubitak zasjenjenih površina zbog agresivnih i nestručnih zahvata njege stabala ovršivanjem (osim u slučajevima kada je navedeni zahvat propisan kao jedna od sanacijskih preporuka na temelju naprednih biomehaničkih dijagnostičkih metoda u kontroli stabala ili u sklopu održavanja specijalnih uzgojnih habitusnih formi krošanja stabala).

¹<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022R1203>

Rješenja u slučajevima nedovoljnih prostornih kapaciteta

Posude za sadnju stabala i urbane sadne jame predstavljaju hibridna rješenja u slučaju kombiniranja s elementima sive infrastrukture, a mogu biti stalnog ili privremenog karaktera.

Adekvatnim uklapanjem i investiranjem u urbane sadne jame moguće je značajno poboljšati uvjete za rast i razvoj urbanih stabala, čime se produljuje njihov uporabni vijek, smanjuju se troškovi u održavanju i njezi stabala te se značajno utječe na smanjenje gubitaka vode uz zadržavanje normalnih fizioloških funkcija. Preporučuje se koristiti ih isključivo na mjestima gdje nije moguća sadnja u tlu zbog postavljene podzemne infrastrukture, a preporučen minimalan volumen posuda je 1250 l.

Preporuka za izbor kultivara stabala za sadnju, zbog limitiranog volumena tla, jest svesti selekciju na niska stabla s intenzivno održavanom i oblikovanom krošnjom poput kišobranastog, spljoštenog, usko stupastog ili habitusa slične uzgojne forme.

Zbog svoje prilagodljivosti prostoru moguće ih je koristiti za povezivanje zelene infrastrukture u kontinuirane zasjenjene prostore, što ima značajan utjecaj na poboljšanje kvalitete ekoloških karakteristika prostora.



Rješenja temeljena na prirodi

Korištenje rješenja temeljenih na prirodi (NBS) ima pozitivan utjecaj na ublažavanje UTO-a, ali i na niz drugih povezanih čimbenika kao što su očuvanje bioraznolikosti, utjecaj na zdravlje stanovnika, ušteda energije te mnogi drugi. Također, interakcija okoliša i različitih tipova NBS-a, osim svoje prostorne, ima i temporalnu komponentu, što dodatno inducira kompleksnost mjerenja i evaluacije učinkovitosti ulaganja u takva rješenja. Zbog toga je u budućnosti, uz razvoj novih metoda uključivanja NBS-a, potrebno standardizirati robusne metode za evaluaciju učinkovitosti ulaganja koje će biti u mogućnosti rangirati učinkovitost ulaganja prema specifičnostima situacije lokalnog prostora s ciljem donošenja argumentiranih odluka.

Kada govorimo o učinkovitosti ublažavanja negativnih učinaka UTO-a, svakako treba naglasiti i učinak staništa, odnosno urbanog tla kao neizostavnog dijela kompleksa sustava NBS-a. Karakteristike staništa mogu imati značajan negativan utjecaj na stope transpiracije vode kroz nadzemne biljne organe, što ima dvostruko negativan utjecaj i na UTO, ali i na opstanak i otpornost samih biljaka. Navedeni utjecaj, iako poznat, ignorira se zbog povećane cijene podizanja NBS-a koristeći metode podzemnih jama, no kompenzacija sadnjom većih broja jedinki iste vrste samo će dugoročno pogoršati situaciju u smislu značajnog povećanja troška održavanja te poticanja međusobne kompeticije za zauzimanje podzemnog i nadzemnog prostora, kao i biogenih elemenata i dostupne vlage između elemenata urbanog zelenila. Drugim riječima, uz prostornu komponentnu zasjenjenosti krošnja, treba dovesti u fokus i temporalnu komponentu dugoročnog razvoja zasjenjenosti prostora te održivosti strategija razvoja urbane zelene infrastrukture.



Park s elementima urbane močvare, London UK Izvor: GreenBlue



Upravljanje oborinskim vodama, London UK. Izvor: GreenBlue Urban



Otok Krk. Autor fotografije: Niki Bonetti

PLANIRANJE I OBLIKOVANJE PROSTORA

Planiranje prostora s pozitivnim učinkom na ublažavanje UTO-a zahtijeva integrirani pristup koji koristi različite metode i strategije kako bi se postigla termalna udobnost te smanjili negativni učinci UTO-a u urbanim područjima.

Morfologija i orijentacija zgrada imaju ključnu ulogu u ovom procesu. Pravilno oblikovane i orijentirane zgrade mogu potaknuti prirodno strujanje zraka stvarajući koridore za cirkulaciju hladnijeg zraka i smanjujući potrebu za korištenjem energetske intenzivnih sustava za hlađenje.

Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima, otvoreni prostori poput parkova, urbanih šuma i zelenih krovova također su važni jer vegetacija hladi okolinu zasjenjivanjem i evaporacijom (isparavanjem). Struktura urbanih kanjona, ulični profili, parkirališta i parkirana mjesta mogu biti optimizirani rješenjima temeljenim na prirodi kako bi se smanjila površinska temperatura i poboljšala termalna udobnost. Upotreba posebnih materijala i boja dodatno pridonosi ublažavanju UTO-a reflektirajući toplinu i smanjujući apsorpciju.

Važno je napomenuti da su istraživanja pokazala da učinkovitost ovih mjera može varirati ovisno o lokalnim uvjetima i urbanističkim karakteristikama pojedinih područja. Stoga je važno prilagoditi planiranje prostora specifičnim potrebama i uvjetima svakoga grada.



Morfologija i orijentacija zgrada

Morfologija i orijentacija zgrada ključne su za ublažavanje efekata UTO-a, posebno kroz optimizaciju rasporeda i orijentacije zgrada radi poboljšanja prirodnog strujanja zraka, a od velike je važnosti osigurati zelene koridore u gradovima. Morfologija grada, uključujući gustoću izgradnje, visinu zgrada i faktor vidljivosti neba (*Sky View Factor – SVF*), ključna je za ublažavanje efekata UTO-a. Visoke i niske vrijednosti SVF-a u kombinaciji s urbanim stablima mogu pomoći u smanjenju intenziteta UTO-a. Orijehtacija zgrada igra ključnu ulogu u ublažavanju efekata UTO-a putem utjecaja na strujanje zraka i smanjenje površinskih temperatura. Učinkovitost specifičnih strategija ublažavanja, poput zelenih ili hladnih krovova, varira ovisno o lokalnoj mikroklimi i urbanoj geometriji.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Planiranje i oblikovanje zgrada prema smjerovima dominantnih vjetrova u svrhu smanjenja potreba za energetske intenzivnim sustavima hlađenja.
- Planiranje i oblikovanje zgrada tako da tvore koridore za cirkulaciju zraka u svrhu raspršivanja topline „zarobljene“ u izgrađenom okolišu.
- Unapređenja termalne udobnosti za pješake i bicikliste na putevima i stazama zasjenjivanjem te upotrebom svijetlih i vodopropusnih materijala.
- Upotreba materijala s visokim albedom (svijetle boje i reflektirajući materijali imaju veću razinu reflektiranja sunčeve svjetlosti, a time i topline), pogotovo za krovove. Kod fasada i vertikalnih površina potrebno je obratiti pozornost na mogućnost odsjaja pa je preporučljivo korištenje mat boja.

- Upotreba zelenih pročelja i drugih strategija izolacije i zasjenjivanja na istočnim, južnim i zapadnim fasadama zgrada.
- Izgradnja novih zgrada na udaljenostima koje omogućavaju prostorne kapacitete za razvoj otvorenih zelenih površina sa stablima.

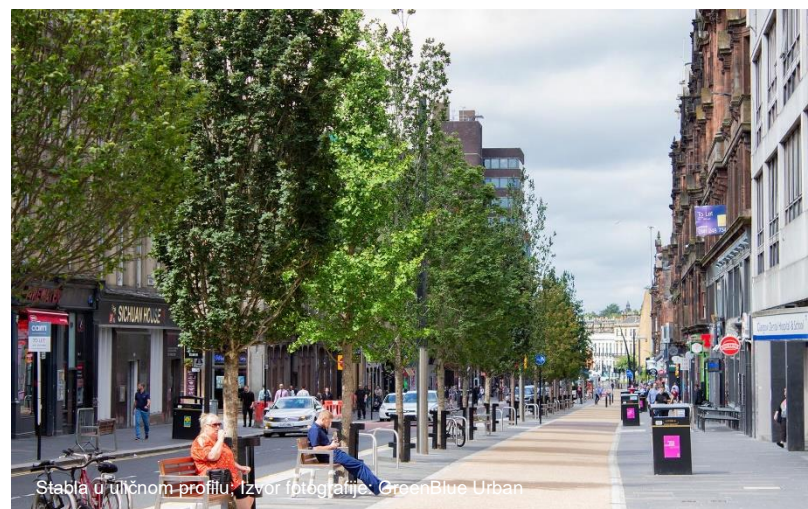


Otvoreni prostori

Istraživanja su pokazala da oblikovanje i unapređenje uličnih profila, parkirališta i parkirnih mjesta može imati značajnu ulogu u ublažavanju efekata UTO-a. Strategije za smanjenje temperature i kruženje topline dovode do smanjenja temperature površina, a time i temperature zraka, što pridonosi stvaranju ugodnije mikrokline u javnim prostorima.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Ispitivanje tehničkih mogućnosti i korištenje materijala s visokim albedom (svijetlih boja) i reflektirajućih površina u popločenju uličnih profila i parkirališta.
- Sadnja različitih vrsta stabala, grmova i trajnica u svrhu povećanja zasjenjenosti površina krošnjama.
- Povećanje vodopropusnih površina (podnih uličnih površina, ali i površina unutar gradskih blokova) u postojećim i novoplaniranim dijelovima grada.
- Preoblikovanje asfaltiranih parkirališta zamjenom vodopropusnim rješenjima popločenja poput travnih rešetki, betonskih opločnika, pješčanih i šljunčanih površina s velikim udjelom vegetacije i sl.
- Korištenje urbane opreme poput nadstrešnica i pergola za zasjenjivanje.



Urbana oprema i materijali

Urbani namještaj, materijali i boje imaju važnu ulogu u smanjenju apsorpcije i zadržavanju topline u urbanim okruženjima te ublažavanju efekata UTO-a nudeći različite mjere za suzbijanje njegovih učinaka koje je moguće točkasto implementirati u već izgrađenim javnim prostorima (npr. urbana oprema) ili sustavno planirati i propisivati prostornim planovima (npr. materijali popločenja).

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Korištenje struktura i elemenata za zasjenjivanje prostora kako bi se pružio zaklon od izravna sunčeva svjetla, smanjile površinske temperature te pružilo olakšanje od prekomjernog zagrijavanja i toplinskog stresa.
- Korištenje urbane opreme za sjedenje koja uključuje materijale s visokom termalnom vodljivošću ili mehanizme hlađenja raspršujući toplinu površina za sjedenje.
- Korištenje bijelih i svijetlih materijala s visokim albedom u područjima izloženim UTO-u.
- Oblikovanje vodnih elemenata u javnim prostorima poput fontana, jezera, izvora vode za piće i sl.
- Korištenje urbane opreme od materijala s nižom toplinskom vodljivošću (npr. drvo).





Milano, Italija; Izvor fotografije: autori dokumenta

TEHNOLOŠKE MJERE

Fotonaponski sustavi

U kontekstu efekata UTO-a korištenje fotonaponskih sustava ima dvostruku ulogu s obzirom na to da ih je moguće implementirati kao mjere ublažavanja učinka postojećih UTO-a i sprečavanja nastanka novih.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Ugradnja fotonaponskih sustava za proizvodnju čiste, obnovljive energije kako bi se smanjila ovisnost o fosilnim gorivima te emisije topline generirane uobičajenim sustavima proizvodnje energije.
- Integriranje fotonaponskih sustava u dizajn zgrada kako bi se omogućilo zasjenjenje površina i smanjenje solarnog toplinskog opterećenja, čime se smanjuju temperature u unutrašnjosti zgrada.
- Korištenje solarnih panela u javnom otvorenom prostoru, na primjer na stajalištima javnog prijevoza ili integriranih u urbanu opremu (strukture za zasjenjivanje, klupe i dr.), čime se istodobno korisnicima pruža zaštita od sunčeva zračenja i proizvodnja energije.

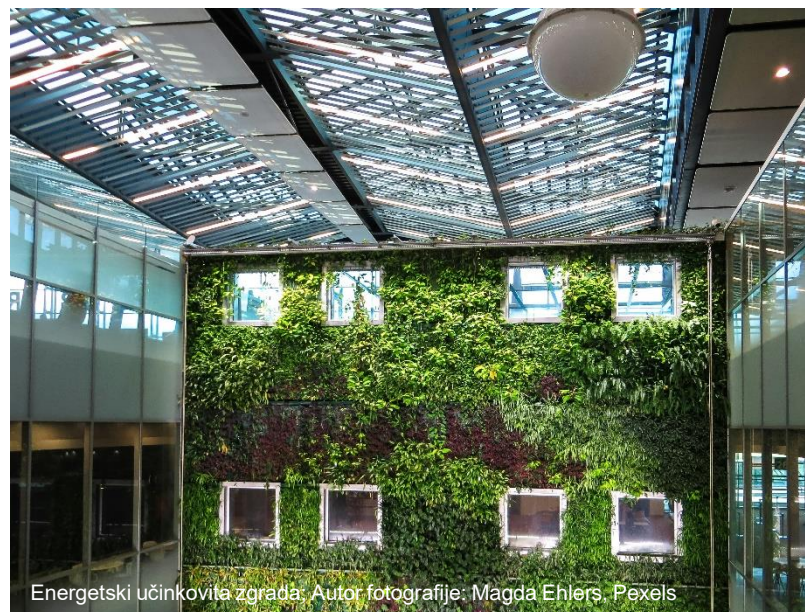


Učinkovita toplinska izolacija i tehnologije hlađenja

Tehnologije toplinske izolacije umanjuju prijenos topline između unutrašnjosti i vanjskih dijelova zgrada, čime se smanjuje potreba za grijanjem i hlađenjem. U urbanim okruženjima, gdje su zgrade gusto grupirane, učinkovita izolacija ključna je za ublažavanje efekata UTO-a. Tehnologije hlađenja usmjerene su na smanjenje temperatura u urbanoj sredini. U kontekstu ublažavanja efekata UTO-a, tehnologije hlađenja igraju ključnu ulogu u smanjenju apsorpcije topline uzrokovane urbanizacijom i ljudskim aktivnostima.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Provođenje mjera energetske obnove zgrada s obzirom na to da je povećanje zaštite ovojnice zgrade jedna od mjera energetske učinkovitosti.
- Ispitivanje tehničkih mogućnosti korištenja inovativne tehnologije izolacije, poput aerogela i panela za vakuumsku izolaciju, koji nude veće razine toplinske otpornosti u tanjim profilima omogućujući učinkovitije korištenje prostora.
- Primjena smjernica za izgradnju zgrada gotovo nulte energije (npr. projektiranje i gradnja zgrada s ovojnica visoke kvalitete, prilagodba oblika zgrade klimatskom kontekstu i okruženju u kojem se nalazi te planiranje orijentacije otvora u odnosu na strane svijeta i izloženost sunčevu zračenju).
- Kombiniranje pasivnih (koriste prirodne pojave, poput vjetera i termalnih fizičkih čimbenika) i aktivnih (oslanjaju se na mehaničke ili tehnološke metode) pristupa hlađenju.



Energetski učinkovita zgrada. Autor fotografije: Magda Ehlers, Pexels

Solarni ventilacijski sustavi

Solarni ventilacijski sustavi koriste solarnu energiju za napajanje ventilatora ili ventilacijskih otvora koji cirkuliraju zrak te uklanjaju toplinu iz zgrada. Iskorištavanjem obnovljive energije ovi sustavi smanjuju ovisnost o konvencionalnim izvorima energije i pomažu u ublažavanju efekata UTO-a. Osim toga, ovi sustavi mogu pridonijeti cjelokupnoj održivosti gradova smanjenjem emisija ugljika i ovisnosti o neobnovljivim resursima. Tako mogu poboljšati kvalitetu zraka, povećati kvalitetu boravka i smanjiti troškove energije korištene klasičnim metodama rashlađivanja prostora.

Načelne smjernice s ciljem smanjenja efekata UTO-a:

- Integriranje solarnih ventilacijskih sustava u gradovima gdje su potrebe za hlađenjem visoke, a sunčeva svjetlost obilna.
- Kombiniranje solarnih ventilacijskih sustava s drugim pasivnim strategijama hlađenja, poput prirodne ventilacije i zasjenjivanja prostora, kako bi se maksimizirala učinkovitost rashlađivanja.



Solarni ventilacijski sustavi, Izvor: Pexels, Autor: Jakub Pabis

USPJEŠNOST I DUGOROČNO PRAĆENJE

Klimatske promjene i negativni efekti UTO-a predstavljaju ozbiljan izazov u planiranju urbanih prostora u smislu adaptacije i ublažavanja negativnih čimbenika, no korištenjem i razvojem primjerenih metoda, alata i mjera ublažavanja u značajnoj se mjeri mogu poboljšati uvjeti za život urbanog stanovništva. S ciljem dugoročnog monitoringa efikasnosti mjera Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine s partnerima je izradilo Priručnik o primjeni zelene infrastrukture i Registar ZI.

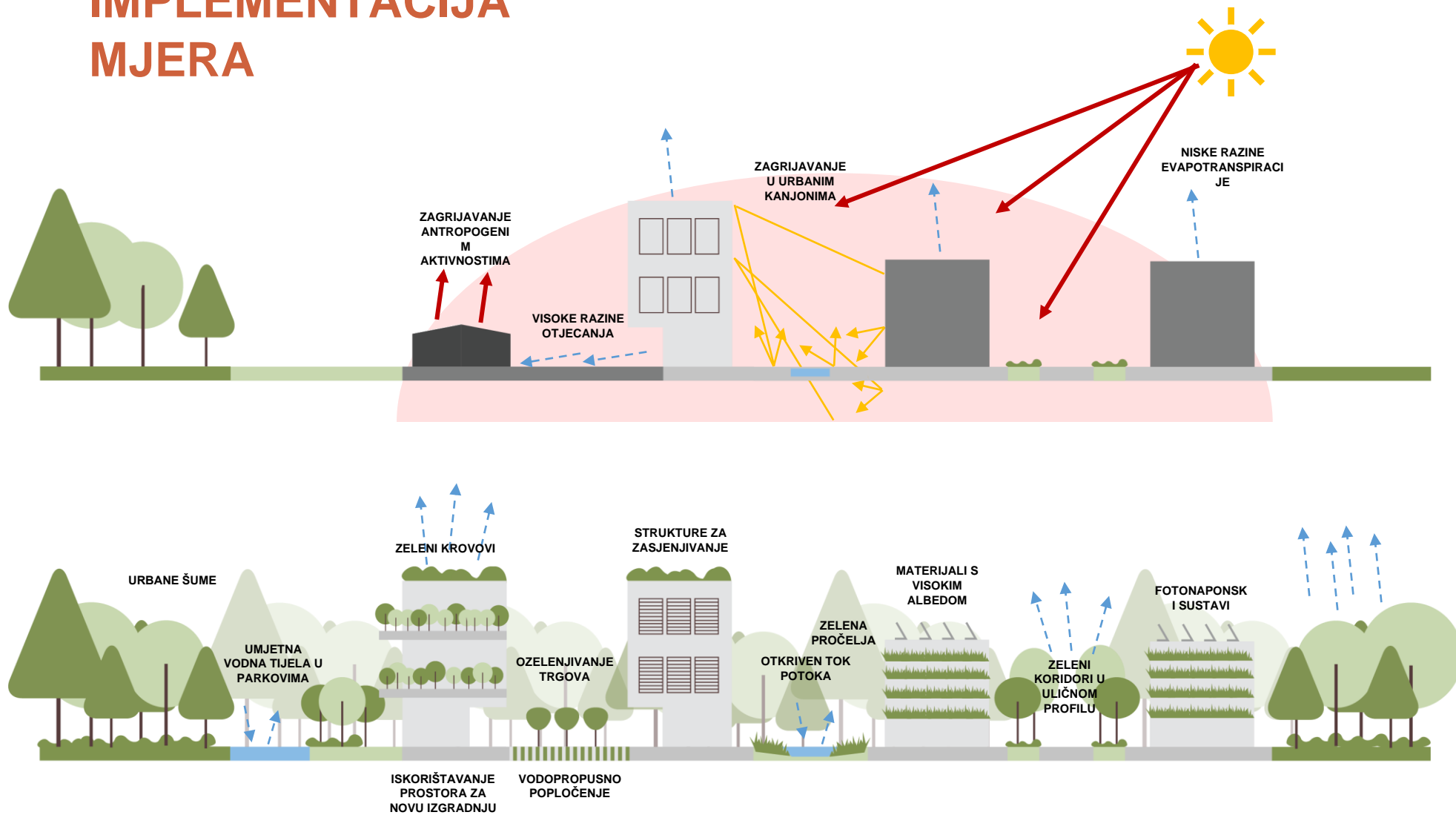
Priručnik sadrži 22 kategorije zelene infrastrukture koje su osnova za izradu Registra ZI i dugoročno praćenje stanja UZI-ja u hrvatskim gradovima. Također, tipologija kategorija zelene infrastrukture iskorištena je i pri razvoju metodologije za identifikaciju UTO-a.

Registar ZI je novi modul Informacijskog sustava prostornog uređenja (ISPU) koji će omogućiti unos, održavanje i analizu podataka o zelenoj infrastrukturi za urbana područja u Republici Hrvatskoj te unos prostornih podataka iz Strategija zelene urbane obnove. Zbog toga predstavlja važan korak prema održivom, efikasnom i otpornom planiranju urbanih prostora.



Milano, Italija. Izvor fotografije: autori dokumenta

IMPLEMENTACIJA MJERA



Ilustrativan prikaz mjera za ublažavanje urbanih toplinskih otoka; Izvor: autori dokumenta

U svrhu ublažavanja efekata UTO-a važno je **implementirati mjere u procese prostornog planiranja i gradnje** te koristiti dostupne instrumente kojima se omogućuje sveobuhvatni pristup ublažavanja. Prilikom izrade prostornih planova (ili njihovih izmjena i dopuna) potrebno je namjenu i korištenje prilagoditi klimatskom kontekstu te pravilima provedbe definirati mjere za najkritičnije dijelove naselja, tj. one u kojima je identifikacijom i mapiranjem utvrđeno postojanje UTO-a. Također je važno prilikom planiranja novih zahvata uzeti u obzir prostorne karakteristike koje pridonose stvaranju efekata UTO-a te ih nastojati spriječiti. To se može odnositi na:

- Morfologiju i orijentaciju pojedinih zgrada i njihov međusobni odnos u svrhu formiranja rashladnih koridora, a koje je moguće definirati smještajem građevine, izgrađenosti građevinske čestice, koeficijentom izgrađenosti, visinom i brojem etaža.
- Detaljnije propisivanje tipologije, proporcija i oblika građevina u kontekstu učinkovitosti toplinske zaštite.
- Korištenje materijala visoke energetske učinkovitosti te boja i vrsta materijala za smanjenje učinaka UTO-a, koje je moguće definirati uvjetima za oblikovanje građevine odnosno propisivanjem građevnih proizvoda i njihovih svojstva.
- Implementaciju rješenja zasnovanih na prirodi (npr. zeleni krovovi i pročelja) u dijelovima naselja s većom gustoćom izgrađenosti definiranjem uvjeta za oblikovanje građevina.
- Povećanje udjela zelenih površina i pokrivenosti krošnjama propisivanjem uvjeta za uređenje obuhvata zahvata u prostoru (definiranje udjela prirodnog terena koji može utjecati na stvaranje ugodne mikroklike).

- Razvoj raznovrsnih javnih zelenih površina te njihovo međusobno povezivanje u sustav zelene infrastrukture propisivanjem posebnih mjera za područja posebnih ograničenja.
- Integralno promišljanje i implementaciju mjera za ublažavanje efekata UTO-a u područjima prikladnim za sveobuhvatnu obnovu propisivanjem mjera za urbanu sanaciju i urbanu preobrazbu.
- Definiranje mjera uređenja vodotoka i drugih vodnih površina u kontekstu zelene infrastrukture.
- Uvrštavanje internacionalnih standarda poput pravila „3-30-300“ koje podrazumijeva pogled na tri vidljiva stabla iz blizine doma, radnog mjesta ili mjesta učenja, barem 30 % zasjenjenosti površine krošnjama te boravište unutar 300 metara od velikog i kvalitetno planiranog javnog zelenog prostora.

Strategije zelene urbane obnove (ZUO)² su strateške podloge od značaja za jedinice lokalne samouprave, a koje se odnose na ostvarenje ciljeva razvoja zelene infrastrukture, integraciju NBS rješenja, unapređenje kružnoga gospodarenja prostorom i zgradama, ostvarenje ciljeva energetske učinkovitosti, prilagodbe klimatskim promjenama i jačanje otpornosti na rizike. S obzirom na navedeno, one predstavljaju važan alat za identifikaciju i definiranje mjera za ublažavanje UTO-a. U novoj verziji *Smjernica za izradu Strategija zelene urbane obnove* predlaže se uvrstiti dodatno poglavlje u Strategiju ZUO s fokusom na UTO-u. U navedenom poglavlju Strategije ZUO potrebno je identificirati najkritičnije dijelove gradova i općina, odnosno one u kojima je efekt UTO-a najveći te za njih definirati specifične mjere i projekte razvoja i unapređenja zelene i plave infrastrukture. Naime, u analitičkom dijelu Strategije ZUO važno je uvrstiti rezultate identifikacije UTO-a s grafičkim prikazima te na temelju rezultata definirati mjere i projekte čijom će se implementacijom u prostorne planove i direktnom provedbom osigurati povoljni mikroklimatski uvjeti za stanovnike i posjetitelje.

Izradom Strategije ZUO i unošenjem podataka o postojećim zelenim i drugim otvorenim površinama u novi modul Informacijskog sustava prostornog uređenja tj. Registar ZI olakšat će se donošenje odluka o planiranju prostora usmjerenom na jačanje otpornosti na rizike i prilagodbu negativnim učincima klimatskih promjena kao što je UTO. Obveznici unosa u Registar ZI bit će jedinice lokalne samouprave, a unos podataka predviđen je prema 22 tipologije planski osmišljenih otvorenih prostora, zelenih i plavih površina koje čine zelenu infrastrukturu u građevinskim područjima. Osim prostornih planova i Strategija ZUO, u kontekstu

ublažavanja negativnih efekata UTO-a i postizanja klimatske otpornosti urbanih područja važno je spomenuti druge dostupne instrumente i alate kao što su:

- Demografske projekcije, prognoze i analize (stručni elaborati)
- Modeliranje scenarija za predviđanje učinaka klimatskih promjena, alati za modeliranje pregrijavanja, buke i kvalitete zraka i sl.
- Instrumenti za uključivanje javnosti i participativno upravljanje urbanim prostorima (radionice, fokus grupe, anketni upitnici i istraživanja)
- Ekonomski instrumenti (sufinanciranje projekata iz programa Konkurentnost i kohezija 2021. – 2027., Nacionalnog plana oporavka i otpornosti i dr.)
- Alati za upravljanje projektima (koordinacija višestrukih projekata i cjelovitost pojedinačnih)
- Edukacija, kontinuirani profesionalni razvoj i širenje svijesti (za administratore, donositelje odluka i širu javnost).

² <https://mpgi.gov.hr/graditeljstvo-98/obnova-od-potresa-privatnih-zgrada-i-kuca-10668/financijska-sredstva-za-obnovu/nacionalni-plan-oporavka-i-otpornosti-inicijativa-obnova-zgrada/izrada-strategija-zelene-urbane-obnove/14837>

ZAKLJUČNE NAPOMENE

Globalni procesi povećanja temperatura okoliša jedan su od važnih čimbenika koji potiču procese prilagodbe svih živih bića. Urbani prostori kreirani su ljudskim modifikacijama okoliša i u kontekstu zagrijavanja odlikuju se, između ostalog, i negativnim efektima UTO-a. Negativan utjecaj UTO-a pojačava se širenjem urbanih prostora i povećanjem gustoće izgradnje s vodonepropusnim površinama, što rezultira povećanjem temperature urbanog okoliša. Zbog toga je preporuka krenuti s prilagodbama urbanog prostora kako bi se omogućio poticajan i zdrav urbani okoliš.

Efikasno ublažavanje negativnih posljedica UTO-a zasniva se na:

1. identifikaciji i evaluaciji intenziteta efekata UTO-a te sagledavanju šireg konteksta područja (prostornog, klimatskog, socioekonomskog i dr.)
2. određivanju prioriteta područja za ublažavanje UTO-a definiranjem mjera u strategijama ZUO, njihovoj implementaciji kroz prostorne planove i korištenjem informacija iz dostupnih alata prvenstveno Registra ZI i dr.
3. evaluaciji učinaka implementiranih mjera i rješenja.

S ciljem uspješnog ublažavanja negativnih posljedica UTO-a Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine konstantno provodi aktivnosti kojima pruža podršku jedinicama lokalne samouprave prilikom pripreme i implementacije specifičnih rješenja. Zbog toga je preporuka pratiti planirane aktivnosti, pozive i potpore na web stranici

³ <https://mpgi.gov.hr/eu-sufinanciranja/10524>

Ministarstva³ s ciljem uspješne implementacije efikasnih rješenja.

Bitno je naglasiti da ovaj Priručnik nudi skup mjera koje se u ovom trenutku smatraju primjerima dobre prakse u ublažavanju učinaka UTO-a. Međutim, preporuka je pratiti stručna istraživanja i razvoj metoda te prilagođavati donošenje odluka i rješenja prema novim saznanjima, a sve s ciljem zadržavanja visoke efikasnosti u ublažavanju negativnih efekata UTO-a.

OSNOVNI POJMOVI ZA RAZUMIJEVANJE URBANOG TOPLINSKOG OTOKA

Albedo – odražavanje svjetlosti s površine tijela. Mjeri se na skali od 0, što odgovara crnom tijelu koje apsorbira sve upadno zračenje, do 1, što odgovara tijelu koje reflektira sve upadno zračenje.

Atmosferski urbani toplinski otok – razlike u temperaturi atmosferskog sloja iznad urbanog područja u odnosu na okolna ruralna područja.

Evaporacija – isparavanje, prijelaz površinskih molekula tekućine ili čvrstog tijela u plinovitu fazu.

Evapotranspiracija – gubitak vode sa Zemljine površine isparavanjem vlažnih površina i transpiracijom kroz biljne pore.

Površinski urbani toplinski otok – razlike u temperaturi na sučelju vanjske atmosfere s građevnim materijalima grada i ekvivalentnog ruralnog zraka do tla.

Razina globalnog zagrijavanja – razina porasta globalne temperature do kraja 21. stoljeća.

Registar ZI – novi modul Informacijskog sustava prostornog uređenja (ISPU) koji će omogućiti unos, održavanje i analizu podataka o zelenoj infrastrukturi za urbana područja u Republici Hrvatskoj te unos prostornih podataka iz Strategija zelene urbane obnove.

Temperatura površine tla – temperatura površinskog sloja tla ili površine zemlje koja je u direktnom dodiru s atmosferom. Temperatura koja se mjeri na površini tla ili površini kopna, a ne u zraku iznad nje.

Transpiracija – izlučivanje vode iz biljke u obliku vodene pare na površinama koje graniče s atmosferom, kojim biljke bitno pridonose kruženju vode u globalnom ekološkom sustavu. Što je transpiracijska površina veća, a zasićenost atmosfere vodenom parom manje, to je veća i potencijalna transpiracija.

Uporaba zemljišta / pokrovnost površine – različite kategorije koje se koriste za klasificiranje i opisivanje načina korištenja zemljišta i fizičkih pokrova prisutnih na površini Zemlje. Neki uobičajeni tipovi LULC uključuju urbana područja, šume, poljoprivredno zemljište, vodena tijela itd.

Urbani toplinski otok (UTO) – urbanizirano područje koje je znatno toplije od svojeg ruralnog okruženja zbog izgrađene infrastrukture i antropogenih aktivnosti.

Vodna bilanca – pregled raspoložive vode temeljen na načelu da tijekom određena vremena ukupan višak vode u slijevnom području ili vodnome objektu mora biti jednak zbroju ukupnoga gubitka vode i neto promjene zaliha vode u slijevu ili vodnome objektu.

LITERATURA I IZVORI

Izvori fotografija: Pexels, GreenBlue Urban, Niki Bonetti, Tadej Glažar i ostali autori dokumenta

Adams QH, Chan EMG, Spangler KR, Weinberger KR, Lane KJ, Errett NA, Hess JJ, Sun Y, Wellenius GA, Nori-Sarma A, 2023. Examining the Optimal Placement of Cooling Centers to Serve Populations at High Risk of Extreme Heat Exposure in 81 US Cities. *Public Health Rep.* 2023 Nov-Dec 138(6): 955-962. doi: 10.1177/00333549221148174.

Herdt AJ, Brown RD, Scott-Fleming I, Cao G, MacDonald M, Henderson D, Vanos JK, 2018. Outdoor Thermal Comfort during Anomalous Heat at the 2015 Pan American Games in Toronto, Canada. *Atmosphere* 9(8): 321. <https://doi.org/10.3390/atmos9080321>.

Ambrosini D, Galli G, Mancini B, Nardi I, Sfarra S, 2014. Evaluating Mitigation Effects of Urban Heat Islands in a Historical Small Center with the ENVI-Met® Climate Model. *Sustainability* 6(10): 7013-7029. <https://doi.org/10.3390/su6107013>.

Arias PA, Bellouin N, Coppola E, Jones RG, Krinner G, Marotzke J, Naik V, Palmer MD, Plattner G-K, Rogelj J, 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Summary In *Climate Change 2021: [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press*

Bednar-Friedl B, Biesbroek GR, Schmidt DN, Alexander P, Børsheim KY, Carnicer J i sur Europe: from Chapters and Cross-Chapter Papers. In Pörtner HO, Roberts DC, Tignor M, Poloczanska ES, Mintenbeck K, Alegría A, Craig M, Langsdorf S, Lösschke S, Möller V, Okem A, editors, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 2022. p. 1817–1927. doi: [10.1017/9781009325844.01](https://doi.org/10.1017/9781009325844.01)

Black-Ingersoll F, de Lange J, Heidari L, Negassa A, Botana P, Fabian MP, Scammell MK. A Literature Review of Cooling Center, Misting Station, Cool Pavement, and Cool Roof Intervention Evaluations. *Atmosphere*. 2022; 13(7): 1103. <https://doi.org/10.3390/atmos13071103>

Boras M, Herceg-Bulić I, Žgela M, Nimac I, 2023. Temperature characteristics and heat load in the City of Dubrovnik. *Geofizika*, 39(2). 259-279. <https://doi.org/10.15233/gfz.2022.39.16>

Bouyer J, Musy M, 2009. MITIGATING URBAN HEAT ISLAND EFFECT BY URBAN DESIGN: FORMS AND MATERIALS.

Bozonnet E, Musy M, Calmet I, Rodriguez F, 2015. Modeling methods to assess urban fluxes and heat island mitigation measures from street to city scale, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 10(1): 62–77, <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt049>.

Brocherie F, Girard O, Millet GP. Emerging Environmental and Weather Challenges in Outdoor Sports. *Climate*. 2015; 3(3):492-521. <https://doi.org/10.3390/cli3030492>

Cedilnik R, 2015. Določanje temperature tal iz satelitskih posnetkov Landsat: Magistrsko delo [Thesis, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering]. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=32772>.

Chakraborty T, Ferreira CM, Corcoran, 2019. Urban Heat Island Effect and Its Impact on Residential Housing in St. Louis. *Urban Science* 3(1): 11.

Cheela VRS, John M, Biswas W, Sarker P, 2021. Combating Urban Heat Island Effect—A Review of Reflective Pavements and Tree Shading Strategies. *Buildings*. 2021; 11(3):93. <https://doi.org/10.3390/buildings11030093>.

Chmielewski FM, Rötzer T, 2001. Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108(2), 101-112.

Chow WTL, Salamanca F, Georgescu M, Mahalov A, Jeffrey M. Milne, Ruddell BL, 2014. A multi-method and multi-scale approach for estimating city-wide anthropogenic heat fluxes. *Atmospheric Environ.*, 99:64–76. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.053>

Copernicus Land Monitoring Service. (b. d.-a). Mapping guide—Urban Atlas Land Cover/Land Use and Street Tree Layer 2012 and 2018. Pridobljeno 20. februar 2024, s <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas/urban-atlas-2018>.

Copernicus Land Monitoring Service. (b. d.-b). Urban Atlas Land Cover/Land Use 2018 (vector), Europe, 6-yearly [dataset]. <https://doi.org/10.2909/fb4dffa1-6ceb-4cc0-8372-1ed354c285e6>.

Cvitan L, Sokol Jurković R, 2016. Secular trends in monthly heating and cooling demands in Croatia. *Theoretical and Applied Climatology* 125:565–581. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1534-7>

De Ridder K, Lauwaet D, Maihe, B, Vankerkom J, 2016. Assessment of the energy demand reduction potential of cool roofs in Europe. *Energy and Buildings*, 119: 270-279.

Ding F, Pang H, Guo W, 2018. Impact of the urban heat island on residents' energy consumption: a case study of Qingdao, doi: 10.1088/1755-1315/121/3/032026.

Djedjig R, Bozonnet E, Belarbi R, 2015. Experimental study of the urban microclimate mitigation potential of green roofs and green walls in street canyons. *International*

Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 10(1):34–44, <https://doi.org/10.1093/jlct/ctt019>.

Dodman D, Hayward B, Pelling M, Castan Broto V, Chow W, Chu E, Dawson R, Khirfan L, McPhearson T, Prakash A, Zheng Y, Ziervogel G, 2022. Cities, Settlements and Key Infrastructure. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 907–1040, doi:[10.1017/9781009325844.008](https://doi.org/10.1017/9781009325844.008).

European Commission, Directorate-General for Environment, Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1203 of 12 July 2022 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141 to update the list of invasive alien species of Union concern, Official Journal of the European Union, pristupljeno: 13. svibnja 2024.

European Environment Agency. (b. d.). CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly [dataset]. preuzeto 11. ožujka 2024., <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>

European Environment Agency. (b. d.). Urban Atlas Building Height 2012 (raster 10 m), Europe—Version 3, Oct. 2022. EEA geospatial data catalogue. Pridobljeno 12. marec 2024., <https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/copernicus/api/records/42690e05-edf4-43fc-8020-33e130f62023>

Fowler T, Sadohara S, Yoshida S, 2009. Designing landuse patterns to mitigate the urban heat island phenomenon in consideration of ocean wind flow and openspace voids. *Journal of Architecture and Planning (transactions of Aij)* 74:2223-2229. doi:[10.3130/aija.74.222](https://doi.org/10.3130/aija.74.222).

Gangwisch M, Saha S, Matzarakis, A, 2023. Spatial neighborhood analysis linking urban morphology and green infrastructure to atmospheric conditions in Karlsruhe, Germany. *Urban Climate*, 51, 101624.

Grundstein A, Williams C, 2018. Heat Exposure and the General Public: Health Impacts, Risk Communication, and Mitigation Measures *10.1007/978-3-319-75889-3_3*, pp.29-43

Guo A, Yang J, Xiao X, Xia J, Jin C, Li X, 2020. Influences of urban spatial form on urban heat island effects at the community level in China. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101972.

Holz I, Franzaring J, Böcker R, Fangmeier A, 2011. Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Witterung und Klima; LUBW: Karlsruhe, Germany.

Hong B, Lin B, 2015. Numerical studies of the outdoor wind environment and thermal comfort at pedestrian level in housing blocks with different building layout patterns and

trees arrangement, *Renewable Energy* 73:18-27, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.060>.

Holz I, Franzaring J, Böcker R, Fangmeier A, 2011. Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Witterung und Klima; LUBW: Karlsruhe, Germany.

Hooyberghs H, Lauwaet D, Lefebvre W, Driesen G, Van Looy, S., Wouters, H, ... & Hamdi R, 2017. Modelling the impact of urban heat islands on energy demand and electricity use in the Greater Paris region. *Energy and Buildings* 155:63-78.

Huang Q, Huang J, Yang X, Fang C, Liang Y, 2019. Quantifying the seasonal contribution of coupling urban land use types on Urban Heat Island using Land Contribution Index: a case study in Wuhan, China. *Sustain Cities Soc* 44:666–675.

Humaida N, Saputra H, Sutomo, Hadiyan Y, 2023. Urban gardening for mitigating heat island effect. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 1133, International Conference on Modern and Sustainable Agriculture 2022 02/08/2022 - 03/08/2022 Online, DOI 10.1088/1755-1315/1133/1/012048

Ivajnsič D, Donša D, Grujić VJ, Pipenbaher N.(2022. Primeri prostorskih analiz vplivov podnebnih sprememb: Monografija v okviru projekta Preprečevanje toplotnega stresa v urbanih sistemih v luči podnebnih sprememb (ARRS J7-1822). V Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. <https://doi.org/10.18690/um.fnm.8.2022>.

Kandya A, Mohan M, 2018. Mitigating the Urban Heat Island effect through building envelope modifications, *Energy and Buildings*, Volume 164:266-277. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.014>.

Landezine – Landscape Architecture Forum. <https://landezine.com/>

Lauwaet D, Hooyberghs H, Maiheu B, Lefebvre W, Driesen G, Van Looy S. 2016. How relevant are urban heat island intensity measures considering the energy demand of different income groups? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60: 739-748.

Leal Filho W, Wolf F, Castro-Díaz R, Li C, Ojeh VN, Gutiérrez N, Nagy GJ, Savić S, Natenzon CE, Al-Amin AQ, Maruna M Böneck, J, 2021. Addressing the urban heat islands effect: A cross-country assessment of the role of green infrastructure. *Sustainability* 13(2): 753. <https://doi.org/10.3390/su13020753>.

Li D, Bou-Zeid E, 2013. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52(9): 2051-2064.

Liu B, Guo X, Jiang J, 2023. How Urban Morphology Relates to the Urban Heat Island Effect: A Multi-Indicator Study. *Sustainability*.; 15(14):10787. <https://doi.org/10.3390/su151410787>.

Loh N, Bhiwapurkar P, 2021. Urban heat-mitigating building form and façade framework. *Architectural Science Revue* 65(10): 1–15. <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1924610>.

Manoli G, Faticchi S, Bou-Zeid E, Sun T, Masselot P, Huang WT K, 2023. Assessing the impact of urban heat islands on the risks and costs of temperature-related mortality, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 23–28 Apr 2023, EGU23-9892. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9892>.

Magli S, Lodi C, Lombroso L, Muscio A, Teggi S, 2015. Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption. *International journal of energy and environmental engineering* 6(1): 91-99. doi: [10.1007/s40095-014-0154-9](https://doi.org/10.1007/s40095-014-0154-9).

Merhej R, 2019. Stigma on mental illness in the Arab world: beyond the socio-cultural barriers. *International Journal of Human Rights in Healthcare* 12(4): 285-298. <https://doi.org/10.1108/IJHRH-03-2019-0025>

Mitchell B, Chakraborty J, 2018. Thermal Inequity: The Relationship between Urban Structure and Social Disparities in an Era of Climate Change. In: *The Routledge Handbook of Climate Justice* [Jafry, T. (ed.)]. Routledge, Oxon, 330–346.

Mohan M, Kikegawa Y, Gurjar, B R, Bhati S, Kolli NR, 2013. Assessment of urban heat island effect for different land use–land cover from micrometeorological measurements and remote sensing data for megacity Delhi. *Theor Appl Climatol* 112, 647–658. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0758-z>

Moosavi FH, Mahdavi, M, 2017. *Reducing Heat And Urban Discomfort With Water*.

Mora C, Dousset B, Caldwell IR, Powell FE, Geronimo RC, Bielecki CR, Counsell CWW, Dietrich BS, Johnston, ET, Louis LV, Lucas MP, McKenzie MM, Shea AG, Tseng H, Giambelluca TW, Leon LR, Hawkins E, E. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9477-3677>, Trauernicht C, 2017. Global risk of deadly heat. *Nat. Clim. Change*, 7 (7):501-506. <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>

Morini E, Castellani, De Ciantis S, Anderini E, Rossi F, 2018. Planning for cooler urban canyons: Comparative analysis of the influence of façades reflective properties on urban canyon thermal behavior, *Solar Energy* 162:14-27. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.12.064>.

Mossel C, Ameling L, Zaradich M, Woody MA, Foley E, Mbaye S, Blake R A, Norouzi H, 2023. Quantifying the Cooling Impact of Urban Heat Island Mitigation Strategies at the Neighborhood Scale. *IGARSS 2023: 2092-2094*. doi: 10.1109/IGARSS52108.2023.10282652.

MPGI - Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine, 2019. Smjernice za zgrade gotovo nulte energije. Zagreb 2019. <https://mpgi.gov.hr/naslovna-blokovi/o-ministarstvu-15/djelokrug/energetska-ucinkovitost-u-zgradarstvu/smjernice-za-zgrade-gotovo-nulte-energije/10502>

MPGI - Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine (2021). Program razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. – 2030. godine. Zagreb, 2021. https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Program_razvoja_zelene_infrastrukture_do_2030.pdf

Oberoi, A, Mullan, K, 2019. Urban Heat Island and Residential Property Values: A Systematic Review. *Sustainability*, 11(6): 1633.

Oke TR, Mills G, Christen A, Voogt JA, 2017: *Urban Climates*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>.

Onishi A, Cao X, Ito T, Shi F, Imura H, 2010. Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(4):323-332. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.002>.

Peluso P, Persichetti G, Moretti L, 2022. Effectiveness of Road Cool Pavements, Greenery, and Canopies to Reduce the Urban Heat Island Effects. *Sustainability* 14(23):16027. <https://doi.org/10.3390/su142316027>.

Pramanik S, Punia, M, 2020. Land use/land cover change and surface urban heat island intensity: source–sink landscape-based study in Delhi, India. *Environment, Development and Sustainability* 22: 7331-7356. DOI:[10.1007/s10668-019-00515-0](https://doi.org/10.1007/s10668-019-00515-0).

Pratiwi SN, 2018. A review of material cover features for mitigating urban heat islands. *International Journal on Livable Space*, 3(2), 71–80. <https://doi.org/10.25105/livas.v3i2.3196>.

Priyadarsini R, Wong N, Cheong KWD, 2008. Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island. *Solar Energy*, 82(8):727-745, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.02.008>.

Quintana-Talvac C, Corvacho-Ganahin O, Smith P, Sarricolea P, Prieto M, Meseguer-Ruiz O, 2021. Urban Heat Islands and Vulnerable Populations in a Mid-Size Coastal City in an Arid Environment. *Atmosphere*, 12(7): 917. <https://doi.org/10.3390/atmos12070917>.

Radhi H, Assem E, Sharples S, 2014. On the colours and properties of building surface materials to mitigate urban heat islands in highly productive solar regions, *Building and Environment* 72:162-172. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.005>.

Rendana M, Idris WMR, Rahim SA i sur 2023. Relationships between land use types and urban heat island intensity in Hulu Langat district, Selangor, Malaysia. *Ecol Process* 12, 33. <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00446-9>

Roloff A, 2013. *Bäume in der Stadt*. 110, Ulmer Verlag: Stuttgart, Germany.

Rosso F, Castellani B, Presciutti A, Morini E, Filipponi M, Nicolini A, Santamouris M, 2015. Retroreflective façades for urban heat island mitigation: Experimental

investigation and energy evaluations. *Applied Energy* 145:8-20. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.129>.

Rosso F, Golasi I, Castaldo VL, Piselli C, Pisello AL, Salata F, Ferrero M, Cotana F, de Lieto Vollaro A, 2018. On the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons, *Renewable Energy*, Volume 118: 825-839. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.074>

Ruiz-Aviles V, Brazel A, Davis JM, Pijawka D, 2020. Mitigation of Urban Heat Island Effects through "Green Infrastructure": Integrated Design of Constructed Wetlands and Neighborhood Development. *Urban Sci.* 4(4):78. <https://doi.org/10.3390/urbansci4040078>.

Sabrin S, Karimi M, Nazari R, 2020. Developing Vulnerability Index to Quantify Urban Heat Islands Effects Coupled with Air Pollution: A Case Study of Camden, NJ, *ISPRS Int. J. of Geo-Inf.* 9(6):349. <https://doi.org/10.3390/ijgi9060349>.

Santamouris M, 2020. Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy Build.* 207, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>.

Schwarz N, Manceur AM, 2015. Analyzing the Influence of Urban Forms on Surface Urban Heat Islands in Europe. *Journal of Urban Planning and Development-ASCE*, 141(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000263](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000263).

Sen S, Fernandèz JPRM-R, Roesler J, 2020. Reflective Parking Lots for Microscale Urban Heat Island Mitigation. *Transportation Research Record*, 2674(8), 663-671. <https://doi.org/10.1177/0361198120919401>.

Shi L, Imhof ML, Zhang P. 2020. Spatial and Temporal Variations in the Cooling Effect of Urban Parks on the Urban Heat Island Effect in Phoenix, Arizona, USA. *Remote Sensing*, 12(1), 34.

Stanley CH, Hellegruber C, Hof A, 2019. Mutual influences of urban microclimate and urban trees: an investigation of phenology and cooling capacity, *Forests (MDPI AG)* Vol. 10(7): 533.

Smid M, Russo S, Costa AC, Granell C, Pebesma E, 2019. Ranking European capitals by exposure to heat waves and cold waves. *Urban Clim.* 27:388–402. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.12.010> [Get rights and content](#).

Steenefeld GJ, Koopmans S, Heusinkveld BG, Theeuwes NE, 2014. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect, *Landscape and Urban Planning* 121: 92-96. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.001>.

Stewart ID, Oke TR, 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Susca T, Pomponi F, 2020. Heat island effects in urban life cycle assessment: Novel insights to include the effects of the urban heat island and UHI-mitigation measures in LCA for effective policy making. *J. Ind. Ecol.* 24(2): 410–423. <https://doi.org/10.1111/ijec.12980>.

Szkordilisz F, 2014. Mitigation of urban heat island by green spaces. *Pollack Periodica.* 9(1): 91 -100. <https://doi.org/10.1556/pollack.9.2014.1.10>.

Alberto Muscio •Sergio Takebayashi H, Moriyama M, 2009. Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking, *Solar Energy* 83(8):1211-1223. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.01.019>.

Taleghani M, Swan W, Johansson E, Ji Y, 2021. Urban cooling: Which façade orientation has the most impact on a microclimate?. *Sustainable Cities and Society*, Volume 64,102547. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102547>.

Teruaki I, 2006. Structure and Function in Urban Landscape in term of reduction of Heat island by green space.

Tomasović S, Sremec J, Koščak Lukač J, Sičaja G, Bačić Baronica K, Ostojčić V, Raifi, Tomić Sremec N, Plačko-Vršnak D, Srnc L, Mikec K, 2022. Weather patterns and occurrence of epileptic seizures. *BMC Neurology* 22(1):33. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02535-8>

Tzavali A, Founda D, Santamouris M, 2015. The Role of Urban Heat Island in Urban Heat Waves with a Case Study for Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society*, 14, 42-51.

UEYAMA M, ANDO T, 2020. Cooling effect of an urban park by enhanced heat transport efficiency. *Journal of Agricultural Meteorology* 76(3):148-153. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-20-00022>

Unger J, Sümeğhy Z, Zoboki, 2001. Temperature cross-section features in an urban area. *Atmospheric research*, 58(2), 117-127. 10.1016/S0169-8095(01)00087-4.

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. "Urban Heat Island Basics." In: *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>

World Bank, 2020. *Analysis of Heat Waves and Urban Heat Island Effects in Central European Cities and Implications for Urban Planning*. Washington, D.C.: World Bank

Wouters H i sur, 2017: Heat stress increase under climate change twice as large in cities as in rural areas: A study for a densely populated midlatitude maritime region. *Geophys. Res. Lett.* 44(17):8997–9007. <https://doi.org/10.1002/2017GL074889op>.

Xu L, Wang J, Xiao F, El-Badawy S, Awed A, 2021. Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. *Applied Energy* 281, 116077, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116077>

Yuan C, Mei S, He W, Adelia AS, Zhang L, 2021. Mitigating Intensity of Urban Heat Island by Better Understanding on Urban Morphology and Anthropogenic Heat Dispersion, EMS Annual Meeting 2021, online, 6–10 Sep 2021, EMS2021-1, <https://doi.org/10.5194/ems2021-1>.

Zaninović K, Matzarakis A, 2014. Impact of heat waves on mortality in Croatia. *International Journal of Biometeorology* 58:1135-1145. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0706-3>.

Zaninović K, 2003. The influence of meteorological parameters on the acute neurovegetative disability, *ECAM 2003*, Roma, 15. –19. 9.

Zaninović K, Gajić-Čapka M, 2008. Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje, *Infektološki glasnik* 28(1): 5–15.

Zaninović K, Gajić-Čapka M, Perčec Tadić M, Vučetić M, Milković J, Bajić A, Cindrić K, Cvitan L, Katušin Z, Kaučić D, Likso T, Lončar E, Lonča, Ž, Mihajlović D, Pandžić, K, Patarčić M, Srnec L, Vučetić, V, 2008. *Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000*. Državni hidrometeorološki zavod / Meteorological and Hydrological Service, Zagreb, p. 200.

Zellweger F, De Frenne P, Lenoir J, Vangansbeke P, Verheyen K, Bernhardt-Römermann M i sur, 2020. Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science* 368(6492):772-775. <https://doi.org/10.1126/science.aba6880>.

Zhao L, Oleson K, Bou-Zeid E i sur 2021: Global multi-model projections of local urban climates. *Nat. Clim. Chang.* 11(2): 152–157. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00958-8>.

Zipper SC, Schatz J, Singh A, Kucharik CJ, Townsend PA; Loheide II, S.P. Urban heat island impacts on plant phenology: Intra-urban variability and response to land cover. *Environ. Res. Lett.* 2016, 11, 1–12.

Zou Z, Yan C, Yu L, Jiang X, Ding J, Qin, L., Wang B, Qiu G, 2021. Impacts of land use/land cover types on interactions between urban heat island effects and heat waves. *Building and environment*, 204:108138. DOI:[10.1016/j.buildenv.2021.108138](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108138).

Žgela M, 2018. Urbana klimatologija – Primjer toplinskog otoka grada Zagreba. *Geografski horizont*, 64(2), 33–42. <https://hrcak.srce.hr/220514>.

Žgela M, Herceg-Bulić I, Lozuk, J, Jureša P, 2024. Linking land surface temperature and local climate zones in nine Croatian cities. *Urban Climate*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101842>.

Žiberna I. 2022. Sezonski režim površinskega mestnega toplotnega otoka v Mariboru. V D. Ivajnsič, Primeri prostorskih analiz vplivov podnebnih sprememb: Monografija v okviru projekta Preprečevanje toplotnega stresa v urbanih sistemih v luči podnebnih sprememb (ARRS J7-1822). Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. <https://doi.org/10.18690/um.fnm.8.2022>.

