

UČINAK URBANOG TOPLINSKOG OTOKA

Urbani toplinski otoci podižu temperaturu u gradu i do 10 °C

PRIPREMILA:
Anđela Bogdan

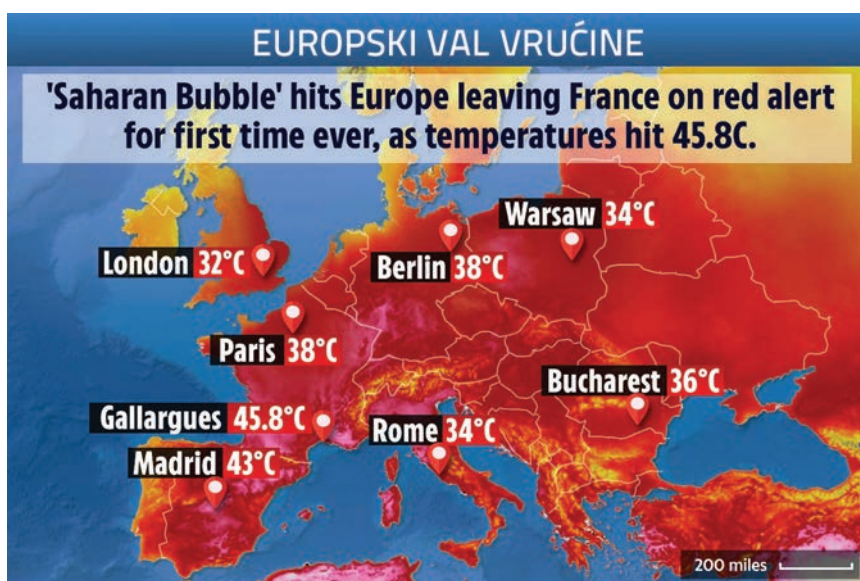
Učinak toplinskih otoka u Hrvatskoj može se umanjiti gradnjom u skladu sa sve strožim ekološkim zahtjevima, tzv. zelenom infrastrukturom te većom stopom korištenja javnoga prijevoza i biciklističke infrastrukture po uzoru na europske metropole

krajeve uobičajeno, prirodno hlađenje tla, a uske gradske ulice omeđene visokim zgradama nepovoljno usmjeravaju strujanje zraka i sprječavaju da vjetar otpuše višak topline. U navedenim uvjetima nastaju pojave nazvane "urbani toplin-

Uvodne napomene

Vrućine kojima smo izloženi tijekom ljeta, a nerijetko i na prijelazu iz proljeća u ljeto, najintenzivnije se osjećaju u središtima velikih gradova, gdje su temperature zraka i po nekoliko stupnjeva više nego drugdje. Mnogi znanstvenici diljem svijeta već desetljećima upozoravaju na negativne posljedice koje porast površinske temperature Zemlje ima na ljude te na biljni i životinjski svijet. To je već vidljivo u gradovima gdje porast globalne temperature znatno mijenja lokalna klimatska obilježja i dovodi do stvaranja takozvanih urbanih toplinskih otoka.

Najveći gradovi današnjice ispunjeni su kilometrima užarenoga asfalta koji toplinu isijavaju i satima nakon zalaska Sunca kao i velikim brojem automobila i drugih prijevoznih sredstava koji doprinose povećanju temperature pa razlike u temperaturi zraka između urbanih gradskih i



Toplinski val u Europi, podaci za lipanj 2019.

ruralnih sredina mogu iznositi i do 10 °C. Gustoća naseljenosti i izgrađenosti gradova onemogućuje normalno, za ruralne

ski otoci", a izazov su s kojim se gradske vlasti diljem svijeta susreću sve češće. Problem bi, upozoravaju znanstvenici, trebalo sanirati prije nego eskalira, jer bi trend naseljavanja i širenja gradova koji zauzimaju sve veću površinu Zemlje u konačnici mogao dovesti i do globalnoga povećanja prosječne temperature zraka.

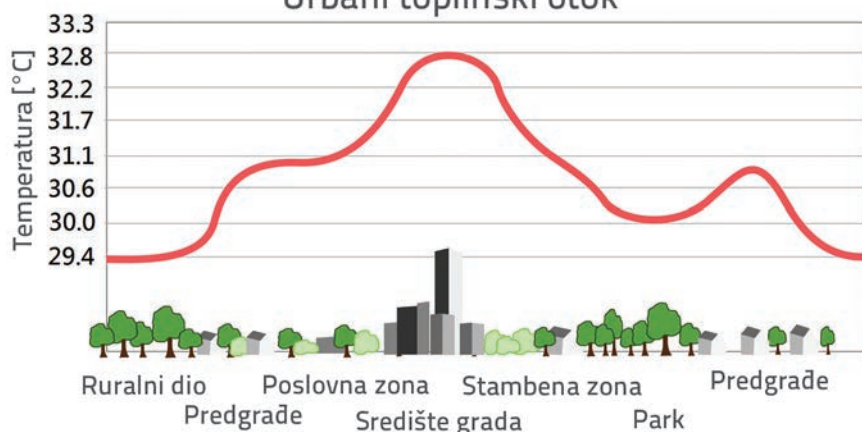
Zašto se stvaraju toplinski otoci?

Toplinski otoci nastaju kada zgrade i ceste zamijene zelene površine, jer su one građene od materijala drugačijih svojstava od okolnoga područja (najčešće asfalt i beton). Takvi građevni materijali nemaju dobru sposobnost refleksije, odnosno apsorbiraju više energije Sunca, te se ona na taj način zadržava i zagrijava površinu.



Porast globalne temperature značajno mijenja klimatska obilježja

Urbani toplinski otok



Usporedba temperatura u gradovima i okolnim područjima

Na povećanje temperature također utječe visina zgrada, ali i njihov raspored, jer je on najčešće takav da se velika količina topline apsorbirana tijekom dana zadržava pa se površine noću hlade sporije. Drugi učinak zgrada jest blokiranje vjetra, što također sprječava hlađenje. U mnogim gradovima nedostaju vegetacija i vodene površine koje bi uravnotežile temperaturu zraka.

Gotovo svaki veći grad prati pojava toplinskih otoka, ali to u kojoj će se mjeri razviti ekstremne vrućine ovisi o raznim čimbenicima kao što su klimatski uvjeti, prevladavajući vjetrovi, vrste terena, tip gradnje ili veličina grada. Negativne posljedice porasta temperature osobito su primjetne u užim središtima velikih gradova.

Što je grad veći, to je toplinski otok prošireniji. Također, ako je grad vrlo kompaktan i bez vegetacije, toplinski je otok



Povećana potrošnja energije za klimatizaciju otpušta dodatnu toplinu u okoliš

izraženiji. Veliki gradovi, naprimjer Pariz, London ili Tokio, imaju i po nekoliko stup-

njeva više temperature zraka od okolice, a zbog širenja gradova postoji tendencija porasta.

Te promjene očituju posljedica su izmjenne termičkih svojstava podloge tla izgradnjom zgrada, ulica i drugih urbanih objekata koji su zamijenili izvorna polja, šume i livade, manjeg gubitka topline za evaporaciju vode, bržeg uklanjanja snijega, oslobađanja velike količine topline zbog industrijskih postrojenja, velikog broja vozila, grijanja kućanstava i drugog. Tome treba dodati i utjecaj zgrada na brzinu vjetra, ali i brojne druge utjecaje.

Mnoštvo ljudi na relativno maloj površini ispušta dodatnu toplinu i vlažnost te

svojim aktivnostima stvara jači učinak urbanoga toplinskog otoka, naprimjer zagrijavanjem zgrada te ispuštanjem topline nastale radom motornih vozila. Porast broja stanovnika u gradskome području dovodi i do povećane potrebe za potrošnjom energije za potrebe klimatizacije ili grijanja, čime se u urbanu okolinu otpušta još više topline.

Zbog svega navedenoga urbana područja čine, slikovito rečeno, otoke koji su okruženi hladnijom ruralnom okolicom. Gradске prometnice, pločnici i zgrade tijekom dana apsorbiraju Sunčevo zračenje pa još dugo u noć ostaju topli i emitiraju toplinu. Zato je urbani toplinski otok najizraženiji u hladnome dijelu godine te noću. U po-



Područja s bujnom vegetacijom imaju nižu temperaturu od gradskih središta

druću s bujnom vegetacijom temperatura je niža pa i parkovi i rekreacijski centri te jezera, rijeke i brežuljci imaju nižu temperaturu zraka od gradskih središta ili industrijskih zona.

Serijski toplinski valovi zabilježenih u 2003. uzrokovala je u dvanaest zemalja zapadne Europe smrt 80 tisuća ljudi, jer ekstremne temperature i toplinski valovi opterećenje su za ljudski organizam, a povezani su s onečišćenjem zraka kroz stvaranje povišenoga prizemnog ozona te su posebno opasni za ljude osjetljiva zdravlja, starije osobe i djecu.

Međutim, problem toplinskih otoka ne odražava se samo nanepotrebno opterećenje ljudi koje rezultira niskom radnom produktivnošću i većim gospodarskim posljedicama, nego dovodi i do smrtnih slučajeva.

Pri analizi toplinskoga otoka grada potrebno je voditi računa o mnogim čimbenicima. Naprimjer, važno je kvalitetno odabrati mjerne postaje, pogotovo referentnu ruralnu postaju, provjeriti pouzdanost korištenih nizova podataka, odrediti morfološku analizu okoline postaja te na kraju jasno prezentirati dobivene rezultate.

Kao jedna od metoda analize toplinskoga otoka grada upotrebljava se intenzitet urbanoga toplinskog otoka. On se određuje usporedbom temperature zraka u gradu i njegovoj ruralnoj okolini. Pretpo-



Dugoročna rješenja za toplinske otoke nalaze se u tzv. pametnom planiranju gradova

stavka je ta kako će zimi i noću utjecaj urbanoga toplinskog otoka biti izraženiji. Analiza intenziteta urbanoga toplinskog otoka pokazala je da je on u Zagrebu najizraženiji tijekom zimskih mjeseci, osobito u siječnju. Tada je razlika u srednjoj mjesečnoj temperaturi 2,0 °C odnosno 2,1 °C.

Neke su europske metropole detektirale opasnosti od toplinskih otoka te imaju na raspolaganju kratkoročne i dugoročne mjere adaptacije kako bi ublažile njihove nepovoljne posljedice.

Kratkoročne se mjere poduzimaju kada se pojavi ekstremni toplinski val i tada je potrebno izdati odgovarajuća upozorenja javnosti i odgovornim službama koje mogu organizirati pomoć, naprimjer, medicinskom osoblju. Također je moguće preusmjeravati ljudske aktivnosti u večernje i jutarnje sate, poticati ljude na odgovarajuću prehranu i izolaciju stanova ili osigurati slobodnu opskrbu vodom na mjestima u gradu.

Dugoročna se rješenja odnose na strategije vezane uz tzv. pametno planiranje gradova, kojima bi se izbjegle ili smanjile opasnosti od ekstremnih utjecaja. Riječ je o planskome podizanju zelenih i vodenih površina, izgradnji takozvane zelene infrastrukture pod kojom se podrazumijevaju ne samo novi parkovi, već i zeleni krovovi, fasade, iskorištavanje naplavnih površina za opskrbu vodom i navodnjavanje.

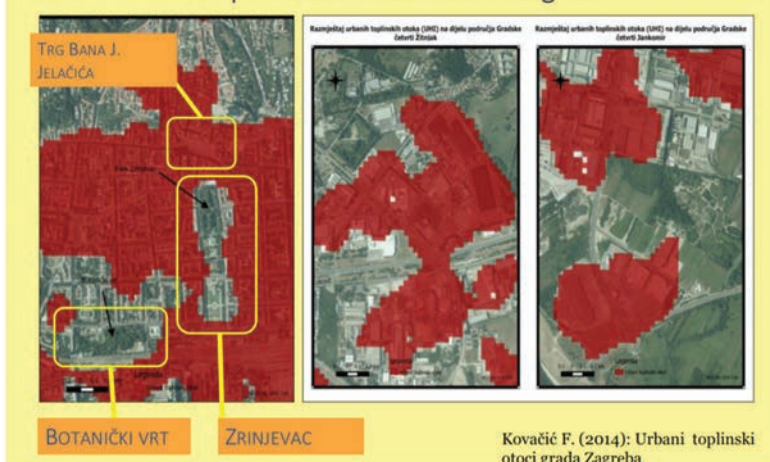
Glavne strategije za suzbijanje toplinskih otoka

Mnogi gradovi diljem Europe pokušavaju smanjiti utjecaj toplinskoga otoka uz pomoć sljedećih glavnih strategija:

- povećanje zelenih površina u gradovima: drveće apsorbira ugljikov dioksid, stvara hlad i smanjuje emisije štetnih plinova iz vozila. Istraživanja su poka-

Urbana klima grada Zagreba

Toplinski otoci u središtu Zagreba



Zabilježeni toplinski otoci u gradu Zagrebu, izvor: DHMZ



Zelena parkirališta



Premazivanje kolnika svijetlim bojama, koje reflektiraju Sunčevu toplinu

zala to da zelene površine imaju pozitivan učinak na mentalno zdravlje ljudi jer su čest parkovi jedina veza ljudi iz gradova s prirodom.

- gradnja zelenih parkirališta: zelena parkirališta poseban su oblik parkirališta koja se projektiraju prema načelima održivosti i zelene gradnje. Poželjno je da se postojeći neiskorišteni prostori uredi na ekološki prihvatljiv način.
- gradnja zelenih krovova: uzgoj biljaka, grmlja i stabala na krovovima smanjuje visoke temperature na njima kao i temperaturu okolnoga zraka. Kakvoća je zraka poboljšana jer biljke apsorbiraju ugljikov dioksid, a proizvode kisik. Zeleni krovovi stvaraju hlad i uklanjaju toplinu iz zraka. Dok ljeti temperature zraka na standardnim krovovima mogu doseći i do 65 °C, zeleni krovovi mogu ohladiti obližnje površine u prosjeku od 16 °C do 17 °C te tako smanjiti učinak toplinskog otoka. Zeleni krovovi djeluju kao toplinska izolacija te na taj način smanjuju troškove grijanja i hlađenja u zgradama te produžuju životni vijek krova. Zeleni krov zimi sprječava gubitak topline, a ljeti osvježava prostor.
- gradnja hladnih, reflektirajućih krovova: na temperaturu zraka velik utjecaj imaju tamni krovovi koji apsorbiraju svjetlost. Gradnjom krovova od materijala koji reflektiraju svjetlost mogu se znatno smanjiti visoke temperature krovova, dulji je vijek trajanja krovova, bolja je izolacija i samim time smanjena potrošnja energije. Sličan učinak

imaju i premazi koji su dizajnirani tako da reflektiraju Sunčevu toplinu i smanjuju količinu naprezanja materijala. U odnosu na uklanjanje drugih izvora problema, zamjena krova zahtijeva najmanja ulaganja uz gotovo istovjetan rezultat.

- gradnja hladnih pločnika: korištenjem odgovarajućih materijala za popločavanje pločnika, parkirališta i ulica, hladni pločnici ostaju hladniji od onih konvencionalnih, a mogu i poboljšati vidljivost noću.

Zelena infrastruktura

Pojam "zelena infrastruktura" u Hrvatskoj je još uvijek relativno nov i složen te ne postoji njegova široko prihvaćena definicija. Odnosi se na vrstu infrastrukture

koja ima višestruku funkciju i omogućuje pogodnosti u istome prostornom području. Te funkcije mogu biti okolišne (npr. očuvanje biološke raznolikosti ili prilagodba klimatskim promjenama), društvene (npr. osiguranje kvalitetne odvodnje ili zelenih površina) i gospodarske (npr. stvaranje radnih mjesta i rast cijena nekretnina). Razlika u odnosu na rješenja sive infrastrukture, koja obično imaju samo jednu funkciju kao što je odvodnja ili prijevoz, čini zelenu infrastrukturu privlačnom jer ima potencijal za istodobno rješavanje nekoliko problema. Tradicionalna siva infrastruktura i dalje je potrebna, ali često se može poboljšati rješenjima čije je ishodište priroda.

Naprimjer, zelena se infrastruktura može koristiti da bi se smanjila količina oborin-

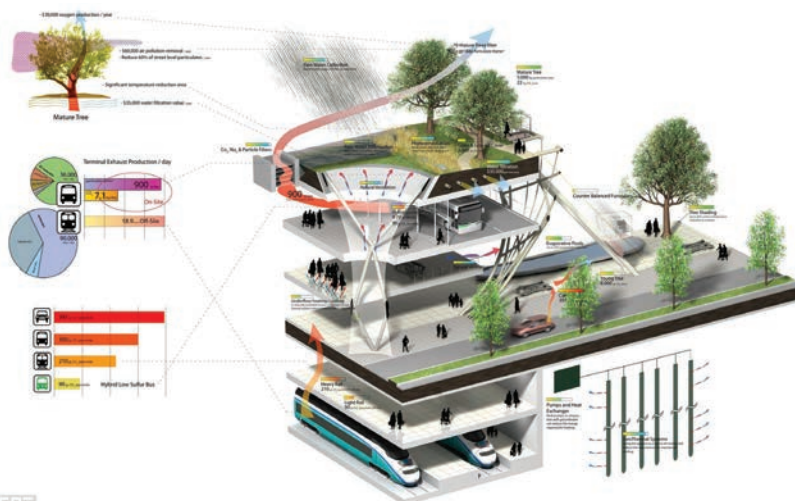


Zeleni krovovi u Washingtonu

skih voda koje ulaze u kanalizacijske sustave, a zatim u jezera, rijeke i potoke, uz pomoć prirodnoga zadržavanja i svojstava upijanja vegetacije i tla. U tome slučaju pogodnosti zelene infrastrukture mogu biti bolja kakvoća zraka, ublažavanje urbanih toplinskih otoka, dodatna staništa za životinjski svijet i rekreacijski prostor. Financijski aspekt zelene infrastrukture može se činiti složenim, ali uz to što takva infrastruktura ima brojne prethodno navedene pogodnosti, često je i jeftinija, učinkovitija i održiva. Umjesto da pribjegavaju zadanim sivim rješenjima kao što su nasipi i cjevovodi za poplave, inženjeri bi ponajprije trebali razmotriti povoljne učinke obnove poplavnih područja i močvara.

Zelena infrastruktura utemeljena je u Strategiji bioraznolikosti EU-a, ali ona je puno više od instrumenta za očuvanje okoliša. Ona može imati i znatan doprinos u provedbi ciljeva propisanih EU-ovim propisima koji se odnose na regionalni i ruralni razvoj, klimatske promjene, upravljanje rizikom od katastrofe, poljoprivredu, šumarstvo i okoliš.

U Beču se trenutno radi na osmišljavanju "zelene mreže", odnosno u planu je izgradnja povezanih zelenih površina i koridora kako bi se omogućilo kretanje pješaka i biciklista za najvećih vrućina. Između 1993. i 2012. broj stanovnika koji koriste automobile u Beču smanjio se s 40 posto na 27 posto. Desetak posto stanovnika više koristi javni prijevoz, dok



EXCEPT

Primjer koncepta zelene infrastrukture

tri posto više stanovnika koristi bicikle, što je pozitivan pomak kojemu bi trebale težiti i druge europske metropole. Bečki su znanstvenici izračunali to da bi do kraja stoljeća u okrugu Neubau moglo biti od 50 do 55 vrućih dana na godinu, što ga čini jednim od najtoplijih okruga u Beču. Djeca, bolesni i stariji ljudi, ali i životinje, posebno su pogođeni visokim ljetnim temperaturama. Kako bi se djelovalo protiv urbanih toplinskih otoka u okrugu i olakšao život tamošnjim stanovnicima, Grad Beč uskoro započinje pilot-projekt u ulici Zieglergasse, koja bi trebala postati prva ulica s mogućnošću regulacije temperature zraka. Rekonstrukcija ulice,

ozelenjavanje površina, instalacija sustava za hlađenje i ovlaživanja zraka te postavljanje zdenaca za pitku vodu trebali bi povećati kvalitetu života tamošnjih stanovnika. Troškovi adaptacije ulice nakon radova na vodovodnim cijevima iznose 2,4 milijuna eura. Grad će pokriti 70 posto troškova, a ostalih 30 posto financirat će okrug Neubau iz vlastitoga proračuna.

U Hrvatskoj još nema ozbiljnih planova za rješavanje toplinskih otoka

Hrvatski gradovi u tome pogledu nisu još napravili bitan pomak. Veći hrvatski gradovi Zagreb, Rijeka, Osijek i Split ne provode empirijska istraživanja o toplinskim otocima u središtu grada, a nemaju ni podatke koji prikazuju odnos smrtnosti građana i visokih temperatura. Također nemaju ni kratkoročne ni dugoročne planove za ublažavanje negativnih utjecaja toplinskih valova. Problem bi moglo biti nepostojanje zakonske regulative: strategije prilagodbe klimatskim promjenama i pripadajućih podzakonskih akata.

Što se tiče grada Zagreba, Gradski ured za energetiku zaštitu okoliša i održivi razvoj ima Plan prilagodbe klimatskim promjenama u kojemu su navedene i mjere za ublažavanja utjecaja urbanoga toplinskog otoka, no čini se kako su to tek skice za pripremu nekih budućih odluka. Ako je su-



U Beču se povezuju zelene površine i koridori za kretanje pješaka i biciklista za vrijeme najvećih vrućina

diti po onome što se posljednjih mjeseci događa u Zagrebu, ponajprije oko poznatoga Meštorovičeva paviljona, zelene se površine, dakle one koje imaju itekako važnu ulogu u smanjivanju štetnoga utjecaja temperaturnih otoka na stanje i zdravlje građana, smanjuju, umjesto da se povećavaju, a njihovo mjesto zauzimaju materijali koji grad dodatno zagrijavaju, dakle čine upravo suprotno od svih poznatih rješenja za redukciju toplinskih otoka.

Što se tiče drugoga najvećeg hrvatskog grada, troje znanstvenika s Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu prof. dr. sc. Tea Duplančić Leder, Nenad Leder, dipl. ing. i prof. dr. sc. Željko Hećimović u svojem su preglednom radu, objavljenome u *Građevinaru* 2016., analizirali satelitske termalne snimke i podatke za grad Split i njegovo šire, metropolitansko područje koje se pruža od Trogira do Omiša te sjeverno do Dinare. Rezultati toga istraživanja i više se nego alarmantni.

Prema satelitskim podacima iz srpnja 2015., površinske temperature za metropolitansko područje Splita iznosile su od 22,97 do čak 53,49 °C! Izrazito su visoke temperature bile na području Sjeverne luke, između 40 i 50 °C, i to već u jutarnjim satima. Satelitski sustav Landsat, preko kojeg su znanstvenici radili analizu, nad tim područjem prolazi svakih osam dana i snimku napravi točno u 9.42 sata. Na satelitskim snimkama vidljivo je i to da je središte Trogira i Donjih Kaštela znatno toplije od središta Splita, a uzroci bi mogli biti gusta gradnja i nedostatak zelenih površina. Snimke pokazuju to da se žare i područja oko velikih prometnica, posebno autocesta koje također čine toplinske otoke.

Slični rezultati istraživanja dobiveni su i za treći najveći grad u Hrvatskoj. U *Građevinaru* 2/2012 objavljen je članak znanstvenika s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, u kojem je predstavljen dio rezultata ispitivanja temperature kolničkih površina provedenog tijekom ljeta 2011. godine u gradu Rijeci. Rezultati upućuju na značajan utjecaj koji zagrijavanje kolničkih površina ima na temperaturu okolnog prostora. Kao najnepovoljniji materijal u smislu toplinskih svojstava pokazao se asfalt.

Gradovi u Hrvatskoj moraju izraditi program zaštite okoliša, a unutar njega i pro-



Grad Split ima izražene toplinske otoke zbog nedostatka vegetacije

gram zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama, i to u roku od šest mjeseci nakon što bude donesen plan zaštite okoliša na razini države, no taj se plan još uvijek izrađuje. Zakon i podzakonski akti još nisu doneseni, a zbog globalnog zatopljenja može se očekivati da će temperature biti i više.

Umjesto zaključka

Klimatske su promjene jedan od najvećih izazova budućih generacija. Negativne posljedice porasta temperature zraka osobito su primjetne u četvrtima u središtima velikih gradova poput Zagreba i Splita. Srednje siječanjske temperature izmjerene na postaji Zagreb – Grič više su od 2 °C od temperatura izmjerenih na postaji Zagreb – aerodrom. U pojedinim dijelovima grada Split u ljetnim mjesecima postižu se površinske temperature do 53 °C. Na kraju se povoljan obrat možda krije u interdisciplinarnosti i međusobnoj razmjeni znanja na globalnoj razini te u poticanju alternativnih i ekološki održivih načina funkcioniranja gradova. Sa svime time valjalo bi požuriti jer su razlike u temperaturama sve veće i ne bilježe se samo u usporedbi urbanih i gusto naseljenih područja te nenaseljenih područja. Primjetne su već i u odnosu grada i njegove najbliže periferije.

Daljnja su istraživanja neophodna kako bi se detaljnije analizirao toplinski otok grada Zagreba, ali i svih ostalih većih gradova u Hrvatskoj. Potrebno je prezentirati problem široj znanstvenoj javnosti te potaknuti potrebu za multidisciplinarnošću koja je vrlo važna za nalaženje rješenja koja bi pomogla u ublažavanju toplinskoga otoka grada, a u tome će vrlo važnu ulogu imati inženjeri i arhitekti zbog urbanoga planiranja gradova i implementacije navedenih strategija za suzbijanje toplinskih otoka te stvaranje boljih i ugodnijih životnih prostora za stanovnike velikih gradova.

Izvori

- Oke, T.R.: The Distinction between Canopy and Boundary Layer Urban Heat Islands, *Atmosphere*, 14 (1976) 4, pp. 268-277.
- Žgela, M.: Urbana klimatologija – primjer toplinskog otoka grada Zagreba, *geografski horizont* - broj 2/2018, 31-40
- <https://www.eea.europa.eu/hr/articles/zelena-infrastruktura-bolji-zivot-uz>
- Duplančić Leder, T., Leder, N., Hećimović, Ž.: Određivanje površinske temperature tla područja Splita metodom daljinske detekcije, *GRAĐEVINAR*, 68 (2016) 11, pp. 895-905, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.1661.2016>
- Deluka-Tibljaš, A., Cuculić, M., Šurdonja, S., Babić, S.: Analiza zagrijavanja kolničkih površina urbanih područja, *GRAĐEVINAR*, 64 (2012) 2, pp. 125-132, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.641.2011>