

PODNEBNE SPREMEMBE IN POPLAVNA OGROŽENOST URBANIH OBMOČIJ Z LASTNIMI PADAVINSKIMI VODAMI

CLIMATE CHANGE AND URBAN PLUVIAL FLOODING RISK

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

urosokrajncster@gmail.com

Koroška 57, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 551.588.7:696.136(204)

Povzetek | V večini srednjeevropskih mest so zgrajeni mešani sistemi kanalizacije. Preplavitve mešanih sistemov kanalizacije se zgodijo zaradi poddimenzioniranih sistemov, ekstremnih padavin in slabo vzdrževanih sistemov. Podnebne spremembe se kažejo v vse večjih ekstremnih padavinah, ki jih mešani sistemi kanalizacije niso sposobni odvajati. Zato imamo v mestih poplave, tudi s smrtnimi žrtvami. Različne strategije za ublažitev teh problemov (zelena mesta, pametna mesta, vodna mesta, modro-zelena infrastruktura) imajo skupen cilj, da se zmanjšajo konice odtoka. Na voljo so ukrepi, kot so zelene strehe, ločeno odvodnjavanje odpadnih in padavinskih voda, zadrževanje in ponikanje padavinskih voda. Obstajajo inženirska orodja (matematični modeli) za načrtovanje gradbenih ukrepov z modeliranjem istočasnega odtoka padavinske vode v kanalizacijskem sistemu in površinskega odtoka. Ključna težava izvedbe potrebnih ukrepov je financiranje teh gradenj in prostorska problematika lociranja teh objektov.

Ključne besede: podnebne spremembe, kanalizacija, poplave v mestih, zelene strehe, modeliranje odtoka, operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode

Summary | In most Central European cities, combined sewage systems are built. The overflows of combined sewage systems have the following causes: under dimensioned systems, extraordinary precipitation and poorly maintained systems. Climate changes are manifested in the increasing extreme precipitation that combined sewage systems are not able to drain. That's why we have floods in cities, including fatalities. Several strategies for mitigating these problems (green cities, smart cities, water wise cities, blue-green infrastructure) have a common goal to reduce the rainwater peak. Measures are available such as green roofs, separate drainage of wastewater and rainwater, retention and precipitation of rain waters. There are engineering tools (mathematical models) for planning construction measures by modelling the simultaneous flow of rainwater in the sewer system and surface. The key problems for implementing the necessary measures are the financing of these works and the spatial problems where these facilities are to be located.

Key words: climate changes, sewage system, floods in cities, green roofs, mathematical models, operational programme for the discharge and treatment of urban wastewater

1 • PODNEBNE SPREMEMBE

1.1 Vpliv podnebnih sprememb

Podnebne spremembe so posledica tako naravnih procesov kot tudi človeških aktivnosti, dogajale so se skozi celotno zemeljsko zgodovino.

Pričakovani ekstremni pojavi v prihodnjem podnebnju so (Dolinar, 2014):

- višja temperatura zraka, zlasti huda vročina poleti,
- večja poletna spremenljivost temperature in padavin,
- več močnih padavinskih dogodkov (na splošno več vodne pare v ozračju), večje izhlapevanje,
- okrepitev hidrološkega cikla – kroženja vode,
- pogostejše zdajšnje 100-letne poplave,
- v naših krajih verjetno znatno povečanje pogostosti poletne suše,
- verjetno večanje števila dni z ugodnimi razmerami za nastanek poletnih neurij.

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja (ARSO, 2018) podaja naslednje napovedi:

Naraščanje temperature zraka se bo v Sloveniji v 21. stoletju nadaljevalo, velikost dviga pa je zelo odvisna od scenarija izpustov toplogrednih plinov. V primeru optimističnega scenarija izpustov bo temperatura do konca stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 zrasla za približno 1,3 °C, v primeru zmerno optimističnega scenarija za približno 2 °C, v primeru pesimističnega scenarija pa za približno 4,1 °C. Verjetno bo najbolj zrasla temperatura pozimi, le nekoliko manj poleti in jeseni, najmanj pa spomladi.

Višina padavin na letni ravni in pozimi se bo po zmerno optimističnem in pesimističnem scenariju izpustov sredi ali konec 21. stoletja znatno povečala. V primeru obeh scenarijev izpustov bo povprečno povečanje letnih padavin konec stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do 20 %. Kazalniki, s katerimi merimo izjemne padavine, kažejo, da se bosta povečali tako jakost kot pogostost izjemnih padavin.

Srednje letne konice pretokov rek se bodo v primerjavi z obdobjem 1981–2010 povečale povsod po državi v povprečju od 20 do 30 %. Povečanje se od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Največje povečanje konic bo na severovzhodu države, kjer bo v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov znašalo do približno 30 %.

Podnebne spremembe bodo vplivale na počutje in zdravje ljudi ter v splošnem na kakovost življenja. Možne posledice podnebnih sprememb za zdravje ljudi bodo odvisne tako od velikosti in poteka podnebnih sprememb kot tudi od socioekonomskih dejavnikov. Podnebne spremembe bodo povzročale materialne škode, selitve prebivalstva, pomanjkanje hrane in vode, povečano smrtnost in širjenje bolezni. Ženska populacija bo bolj ranljiva. Vročinski valovi bodo usodni predvsem za starostnike, kot je bilo razvidno v Evropi poleti 2003. Podnebne spremembe bodo ogrožale tudi socioekonomski razvoj, demografske tokove, turizem in zdravstveno infrastrukturo. Učinki podnebnih sprememb bodo še posebej izraziti v velikih mestih (Kajfež Bogataj, 2005).

25. septembra 2017 je Inženirska zbornica Slovenije, Odbor regijske pisarne Maribor,

organizirala posvet z naslovom Podnebne spremembe v povezavi s kakovostjo življenja v urbanih območjih. Na posvetu je bilo izpostavljeno, kako se ekstremni vremenski pojavi, kot so poplave, suše, neurja, ekstremno visoke in nizke temperature, pojavljajo z vedno večjo intenziteto in bolj pogosto, kar slabša pogoje življenja in povečuje onesnaženje zraka, vode in tal. Zato je treba ukrepe, vezane na podnebne spremembe, močno vključiti že v urbanistično načrtovanje (Krajnc, 2017).

1.2 Evropska zakonodaja in podnebne spremembe

Preprečevanje nevarnih podnebnih sprememb je ključna prednostna naloga Evropske unije. Dolgoročni cilj politike Evropske unije do leta 2050 je znatno zmanjšanje emisij (80–95 % v primerjavi z letom) 1990. Evropska komisija je sprejela strategijo EU za prilagajanje podnebnim spremembam (EU, 2014) in pričakuje od držav članic, da do leta 2017 pripravijo svoje načrte za obvladovanje neizogibnih posledic podnebnih sprememb. Številne države so že pripravile svoje strategije z ukrepi, kot so manjša poraba vode, prilagoditev gradbenih predpisov ter gradnja infrastrukture za obrambo pred poplavami.

1.3 Slovenska zakonodaja in podnebne spremembe

Vlada RS je leta 2016 sprejela Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam (Vlada RS, 2016). Program porabe sredstev Sklada za podnebne spremembe (Vlada RS, 2018) v letu 2019 prvič vsebuje pri postavkah glede prilagajanja podnebnim spremembam tudi postavko Izgradnja in obnova večnamenskih akumulacij v vrednosti 0,5 mio. €. Ni veliko, a prejšnja leta take postavke ni bilo, bili so le ukrepi, povezani s toplogrednimi plini.

sinoptične meteorološke postaje Ljubljana, Maribor, Savico, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Novo mesto, Koper, Gamence in Temenico (Kolar, 1983).

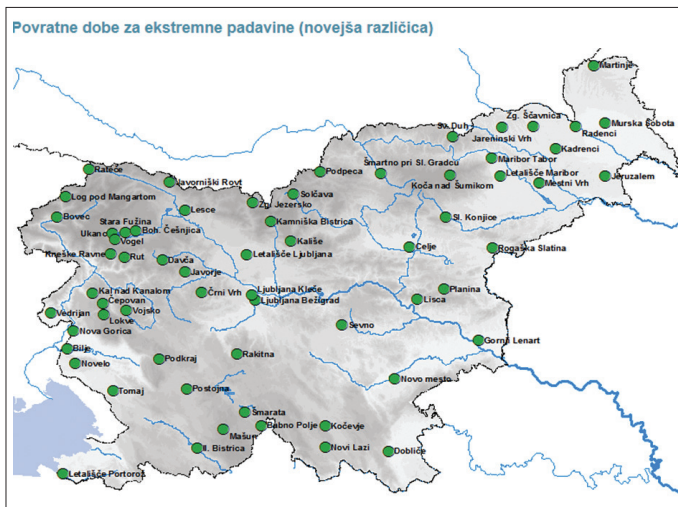
Panjan, Bogatajeva in Kompore (Panjan, 2005) so prikazali rezultate izračunov za vrednotenje padavin na podlagi statistične analize opazovanih nalivov na območju Ljubljane. Primerjavo teh izračunov za nalive povratne dobe 1 leta in 2 let podajamo v preglednici 1.

Takoj so očitna razhajanja med podatki Sketlja in ARSO pri kratkotrajnih nalivih. Ljubljanska Vodovod - Kanalizacija predpisuje v svojih Tehničnih navodilih za kanalizacijo (VOKA Ljubljana, 2019) Sketljeve vrednosti. Glede

2 • VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA PADAVINE

Za dimenzioniranje kanalizacije za padavinske vode so še vedno ključni trije podatki: velikost prispevne površine A , odtočni koeficient φ in intenziteta padavin (računski naliv) i . Intenziteta padavini je funkcija časa trajanja naliva ter pogostosti (verjetnosti ali povratni dobi) pojava. Govorimo o tako imenovanih ITP-krivuljah (intenziteta, trajanje, pogostnost) oziroma v starejši literaturi o t. i. gospodarsko enakovrednih nalivih (GEN). Projektanti kanalizacije uporabljajo uradne podatke ARSO v tiskani obliki (ARSO, 2009) ali pa podatke na spletni strani (slika 1).

Z ovrednotenjem padavinskih podatkov za hidrološke izračune dimenzioniranja kanalizacijskih sistemov se je v Sloveniji prvi ukvarjal prof. Sketelj na Institutu za zdravstveno hidrotehniko na FAGG Ljubljana. Temeljna vprašanja, ki se pri tem delu pojavijo, so, kako natančni naj bodo padavinski podatki (mm/h), kakšen naj bo najmanjši časovni korak opazovanja nalivov in v kakšnem časovnem koraku naj bodo podani preprosti in sestavljeni nalivi (Panjan, 2005). Sketelj je izdelal podatke o izenačenih vrednostih gospodarsko enakovrednih nalivov za



Slika 1 • Povratne dobe za ekstremne padavine – prikaz merskih mest (http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip_return_periods_newer/).

trajanje padav minute/ mm	povratne dobe padavin							
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let
5	6	8	11	12	15	17	18	21
10	8	11	15	18	22	24	27	30
15	10	14	19	23	27	30	33	38
20	11	16	22	26	30	34	38	42
30	14	18	25	29	35	39	43	48
45	16	21	29	34	40	44	49	55
60	17	23	31	36	43	48	53	60
90	19	26	35	41	49	55	60	68
120	21	28	37	44	52	58	64	72
180	25	32	41	47	55	61	67	74
240	28	35	45	51	59	65	71	79
29. 5. 2009								
22. 5. 2009								
29.8.2016								

Preglednica 2 • Primerjava ekstremnih padavin v Mariboru v letih 2009 in 2016 z vrednostmi ITP-krivulj (1948–2005).

na posledice podnebnih sprememb pri intenzivnejših nalivih je bila ta odločitev prav preroška!

V Mariboru smo zabeležili v letih 2009 in 2016 ekstremne padavine (preglednica 2). Okoli Maribora merimo padavine na Mariborskem letališču, na Taboru v bližini Mariborskega

vodovoda ter na čistilni napravi v Dogošah. Primerjave meritev padavin na treh točkah kažejo dobro ujemanje konic večjih padavin, ob tem pa odstopanja glede merjenih vrednosti zaradi lokacije. Uradni podatki ARSO imajo za izračun ekstremnih padavin na postaji Maribor Tabor ovrednotene padavine za obdobje 1948–2005.

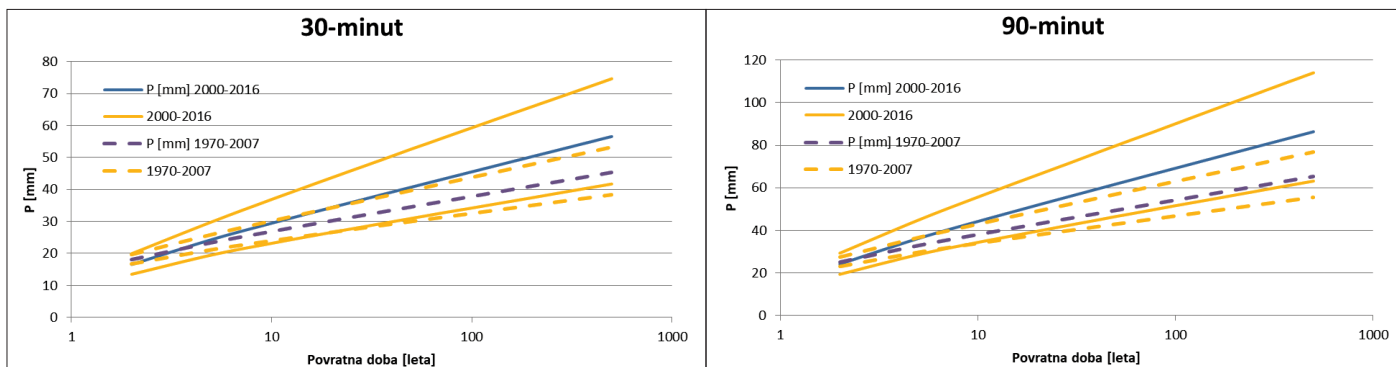
Seveda so te padavine povzročile preplavitve kanalizacije, kar je bilo najbolj boleče pri novozgrajeni kanalizaciji v Dobrovcah. Preplavitve so pri uporabnikih povzročale nezaupanje v projektantsko znanje.

Na FGG Ljubljana (Mikoš, 2016) so izvedli ponovne statistične obdelave padavin glede na podatke za obdobje med letoma 2000 in 2016. Vidna so precejšnja odstopanja od rezultatov za obdobje 1948–2005. Podane so srednje vrednosti ter vrednosti 90 % intervala zaupanja (slika 2).

Zaradi velikih odstopanj bo treba nujno za potrebe izračunov padavinskih voda v kanalizacijskih omrežjih izdelati nove statistične obdelave računskih nalivov, ki bodo upoštevale meritve v obdobju podnebnih sprememb. O vrednosti takšnih podatkov zaradi relativno kratkega obdobja opazovanja si hidrologi še niso edini. Vpliv podnebnih sprememb na poplavna tveganja v Sloveniji se že preučuje (Šraj, 2017). Enako velja za napoved za izvajanje ukrepov za poplave v mestih (Pogačnik, 2017).

Vir	Sketelj , VO-KA		ARSO 2009		ARSO 2019	Panjan s sod. 2005	
	1921-1964		1948-2008		1948-2002	1965-1996	
Obdobje meritev	1921-1964		1948-2008		1948-2002	1965-1996	
Trajanje meritev (leta)	43		60		64	32	
povr. doba (leto)	1	2	1	2	2	1	2
čas trajanja (min)							
5	327,4	404,5	130	289	288	223,9	280,3
10	211,6	253,1	108	216	214	168,9	211,1
15	160,6	191,6	92	182	180	143,3	178,8
20	132,1	157,2	71	158	156	121,1	151,9
30	100,2	119	53	124	122	95	120,6
45			38	93	93		
60	62,5	73,9	38	77	76	63,6	81,3
90	47,6	56	32	58	58	50,1	64,6
120	39	45,9	25	48	47	39,6	50,5
180	26,9	34,8	21	35	35	24,8	35,8
300	20,9	24,5	15	25	25	18,7	28
360						15,1	18,8
420	16,6	19,4					
600	15,2						
720			7	14	14		

Preglednica 1 • Računski nalivi (ITP oz. GEN krivulje) za Ljubljano (l/s/ha).



Slika 2 • Primerjave podatkov o nalivih za obdobji 1948–2005 in 2000–2016 za postajo Maribor – Tabor za 30- in 90-minutne nalive.

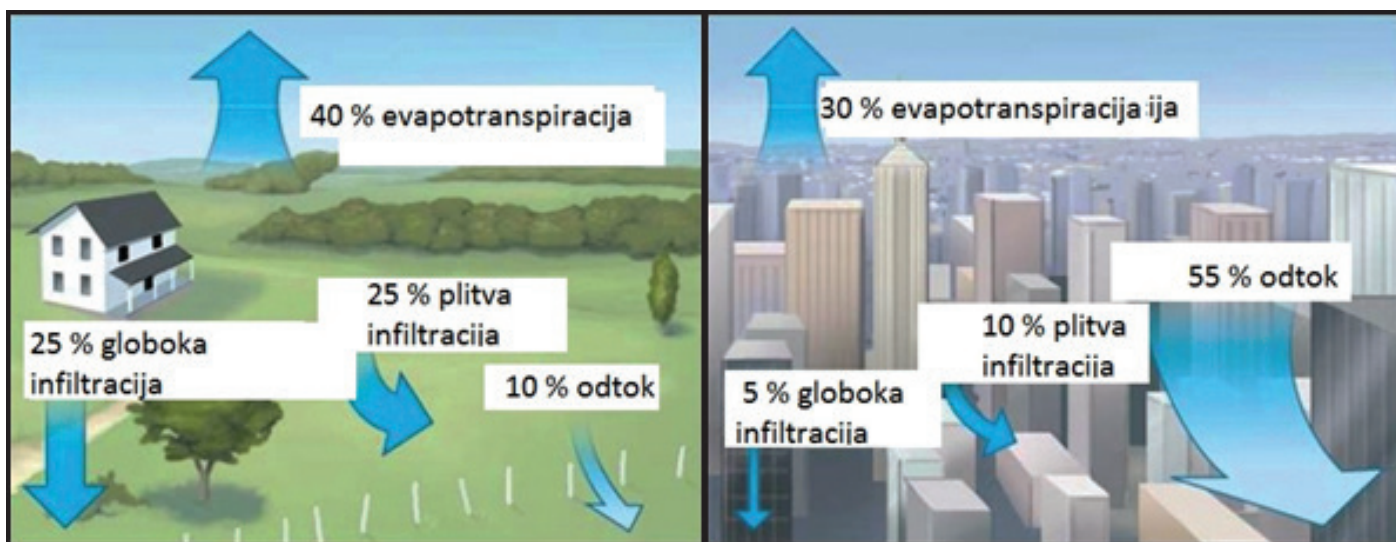
3 • URBANIZACIJA – MOČAN POSEG V NARAVNI HIDROLOŠKI KROG

Trend svetovnega prebivalstva je življenje v mestih. Po podatkih IWA-e (IWA, 2017) bo leta 2050 živel na svetu 9,7 milijarde ljudi,

66% v mestih, v Evropi že danes 70%. Vsak peti Zemljan bo ogrožen zaradi poplav, torej okoli 2 milijardi prebivalstva. V Sloveniji je

delež mestnega prebivalstva 50% (SURS, 2004).

Z urbanizacijo ključno zmanjšamo globoko in plitvo infiltracijo, nekoliko pa tudi evapotranspiracijo, ključno pa povečamo odtok (slika 3).



Slika 3 • Sprememba hidrološkega cikla v mestih (Maksimović, 2013).

4 • PROBLEMI ODVODNJE PADAVINSKE VODE V MESTIH

Zakaj se dogajajo preplavitve kanalizacije v mestih? Večina večjih slovenskih mest ima zgrajeno kanalizacijo v mešanem sistemu, v ločenem sistemu so zgrajena predvsem nova primestna naselja ter nove industrijske in trgovske cone. Prejšnja projektantska praksa je dovoljevala pri projektiranju kanalizacije za padavinske vode računsko nalive s povratno dobo 1 leta.

Za Slovenijo je tipična ureditev parkirišč in robnikov cest, ki vso padavinsko vodo vodijo

v kanalizacijski sistem in ne omogočajo ponikanja te vode (Oberžan, 2018).

Problem odvodnje podvozov v urbaniziranih naseljih nastane, ker so v večini primerov padavinske vode podvozov v urbaniziranih naseljih priključene na mešani sistem kanalizacije. Vzrok za to je bodisi odsotnost površinskih odvodnikov bodisi problem s ponikanjem teh voda (previsoke gladine podzemnih voda, vodovarstveni pasovi). Projektanti cest večkrat tudi obvoznice okoli

naselij na silo priključujejo na mestno kanalizacijo, pri čemer pozabljajo, da je treba v takem primeru z ustreznim hidravličnim izračunom dokazati transportno sposobnost mestne kanalizacije vse do čistilne naprave oziroma prvega razbremenilnega objekta (slika 4) (Krajnc, 2016).

Poseben problem pa je varnost pešcev pri prečkanju preplavljenih prehodov za pešce ob močnih nalivih. Takrat nastopi nervoza in neprimerno obnašanje pešcev in voznikov (slika 5).

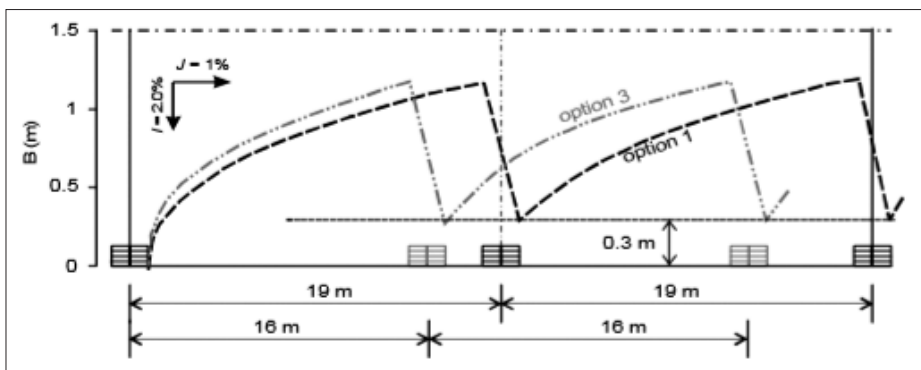
Despotović je s sodelavci (Despotović, 2018) opravljal meritve kapacitete požiral-



Slika 4 • Preplavitev podvoza v Ljubljani, Ponoči bo najhujše, Zastoji na Celovški cesti v Ljubljani, Slovenske novice, 17. september 2010.



Slika 5 • Nevarnost za pešce in cestni promet pri preplavitvi celotne ulice (Despotović, 2018).



Slika 6 • Površinski odtok po cestišču (Despotović, 2018).

nikov. Meritve so pokazale, da praviloma požiralniki ne delujejo, kot je bilo predvideno s projektom. Velikokrat požiralnik ne sprejme vse padavinske vode, zato del dotoka odteče v smeri naslednjega požiralnika, predvsem pri večjih vzdolžnih padcih. Vzdolžni in prečni padec cestišča, hrapavost vozišča, prisotnost robnika, intenziteta naliva, razdalja med požiralniki, oblika požiralnika so vhodni podatki za zapleten račun površinskega toka na cestišču. Ob prisotnosti robnikov lahko postavimo dve omejitvi (Despotović, 2009):

- dovoljeno širino vode na cestišču pri prehodu za pešce (običajno 0,3 m),
- dovoljena globina vode ob robniku.

Na sliki 6 lahko razberemo širjenje površinskega odtoka na cestišču v odvisnosti od položaja požiralnikov, točneje od velikosti prispevne površine in odgovarjajočega pretoka.

Požiralnikom je tako namenjeno celo poglavje v Tehničnih specifikacijah za odvodnjo cest (MP, 2011), in sicer v poglavjih Požiralniki (vtočni jaški) (6.2.5), Sprejemna kapaciteta in učinkovitost požiralnikov (6.2.5.3), Lociranje požiralnikov (6.2.5.4), Razdalje med požiralniki (6.2.5.4). Tehnične specifikacije, čeprav uradno niso uzakonjene, uporabljajo projektanti cest.

5 • ZELENO-MODRA INFRASTRUKTURA

Vodno pametna mesta (angl. Water wise cities) so aktualni pristop pametnega gospodarjenja z vodo. IWA je objavila 17 principov, kako jih uresničiti. Principi so naštetih v štirih skupinah: regenerativne vodne storitve, vodno občutljiva mestna zasnova, povezovanje mest v porečju, skupnosti vodno pametnih mest (IWA, 2019).

V teku je nešteto strategij različnih dejavnosti za reševanje različnih problemov življenja v mestih. Naštejmo jih le nekaj:

Pametna mesta

Da bi človeštvo ob takih napovedih posledic podnebnih sprememb lahko živelo kakovostno, so nujno potrebne spremembe v pristopu upravljanja mest. Trend sprememb se je začel s t. i. konceptom pametnih mest (angl. Smart Cities).

Zelena mesta

Namen zelenih mest je, da mesta postanejo bolj trajnostna in s čim manjšim ogljičnim odtisom. S tremi ključnimi elementi – zgradbami, energijo in prometom (trajnostno mobilnostjo) – je treba pospešiti prehod mest v čistejšo, bolj zdravo in gospodarsko uspešnejšo prihodnost z izboljšavami v učinkovitosti in naložbami v obnovljive tehnologije.

Zelena-modra infrastruktura

Zelena-modra infrastruktura predstavlja strategijo načrtovanja urbanih okolij, ki pri zagotavljanju učinkovitega upravljanja voda v mestih vključuje naravo – gre za prepletanje in povezovanje upravljanja voda in načrtovanja zelenih površin. V nasprotju z neprepustnimi površinami pa je zelena infrastruktura sposobna prestrezati, zadrževati in filtrirati padavine. Zelena infra-

strukturo v mestih predstavljajo urbani gozdovi, parki, posamezna ulična drevesa in druge zelene površine. Drevesne krošnje prestrezajo padavine in uravnavajo količino padavin, ki dosežejo tla, s črpanjem vode preko korenin pa drevesa porabljajo vodo iz tal in izboljšujejo mikroklimo. Vodne površine v mestih uspešno blažijo visoke temperature (Stražar, 2018). Vpliv dreves na zmanjšanje konice padavinskega odтока se preučuje tudi v Sloveniji (Zabret, 2015).

Prof. Maksimović z Imperial Collegea v Londonu, prej profesor na Gradbeni fakulteti v Beogradu in sodelavec pri modelnih izračunih kanalizacije v Mariboru, se z modro-zelena infrastrukturo ukvarja v svetovnem merilu že daljše obdobje. Sinergijski učinki zelene infrastrukture z modrimi sistemi urbanih voda so prikazani na sliki 7.



Slika 7 • Sinergijski učinki zelene infrastrukture z modrimi sistemi urbane vode (Maksimović, 2013).

Na konferenci Integrated BGS (Blue Green Solution) for Advanced Urban Planning for Sustainability and Resilience – Beyond Fake News je bil podan pregled, kako so se razvijali pristopi pri analizah poplav v mestih. Standardni pristop analize poplav (Maksimović, 2018) obsega naslednje korake:

- a) zaščita pred poplavami s strukturnimi ukrepi,
- b) koncept ravnanja v primeru poplav.

Modro-zeleni pristop pa predlaga:

- a) analize vseh predhodnih modelnih izračunov,
- b) zmanjšanje poplavne ogroženosti z interaktivnimi rešitvami strukturnih in nestrukturnih rešitev v porečju nad urbaniziranim območjem ter urbaniziranim območjem,
- c) rehabilitacija urbanih površinskih tokov,
- d) natančne napovedi padavin in poplav, upravljanje poplav (pod enim upravljavskim telesom).

6 • KLASIČNI UKREPI PRI ZAGOTAVLJANJU POPLAVNE VARNOSTI URBANIZIRANIH POVRŠIN ZARADI LASTNIH VODA

6.1 Zadrževalniki

Zadrževalnike lahko lociramo znotraj kanalizacijskega sistema v primeru, ko je že izgrajeno kanalizacijsko omrežje dodatno obremenjeno z novimi zazidavami, ki ob projektiranju prvotnega omrežja niso bili znani. Zadrževalniki so potrebni tudi takrat, ko skromen odvodnik ne prenese sunkovite obremenitve z izpustom padavinske vode v dežnem času. Običajno so zadrževalniki betonski objekti, poznamo tudi izvedbo s

cevnimi zadrževalniki. Zadrževalniki v zemeljski izvedbi so redkejši, več jih je na sistemih odvodnje padavinskih voda z avtocest. Poznamo pa tudi zadrževalnike pred vtokom vode v javno kanalizacijsko omrežje, ki so lahko betonski, zadnje čase pa tudi montažni plastični elementi. Druga rešitev so odprti zadrževalniki, ki pa s svojo odprto gladino lahko pomembno vplivajo tudi na mestno klimo.

Večkrat se ponuja rešitev s preureditvijo mešanega kanalizacijskega sistema v loče-

nega. Običajno se zgradi dodaten sistem za odpadne vode, obstoječi kanalizacijski cevovodi pa se porabijo za odvod padavinske vode. Vendar je hidravlična razbremenitev zaradi izločitve odpadnih voda minimalna in za zagotavljanje poplavne varnosti je potrebna mnogokrat tudi rekonstrukcija teh cevovodov (povečanje profilov, zadrževalniki).

Odtok padavinske vode lahko zmanjšamo ali pa zadržimo in zmanjšamo konico odtoka tudi z zelenimi strehami. Vsekakor je potrebno zmanjšanje prispevnih površin – parkirišč, asfaltne in betonirane površine pa bi morale biti prepletene z zatravitvijo in vgradnjo propustnih drenažnih betonov (Oberžan, 2017).

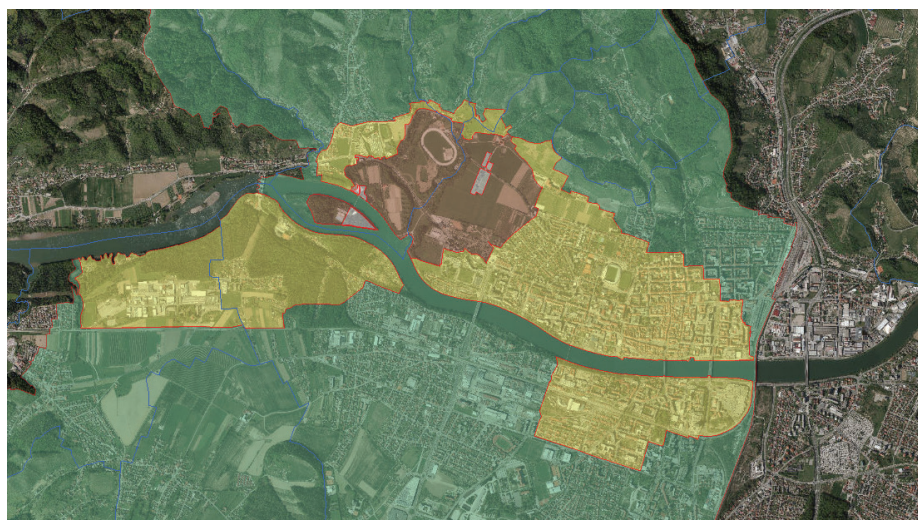
6.2 Razbremenilniki s ponikalniki

Na obstoječih mešanih kanalizacijskih sistemih brez možnosti razbremenjevanja padavinskih voda v površinske odvodnike bi lahko zmanjšali preplavitve sistemov z razbremenjevanjem preko ponikalnikov. Tu pa nastopi težava, saj ležijo mesta znotraj meja vodovarstvenih pasov (slika 8), kjer je ponikanje odpadnih voda prepovedano.

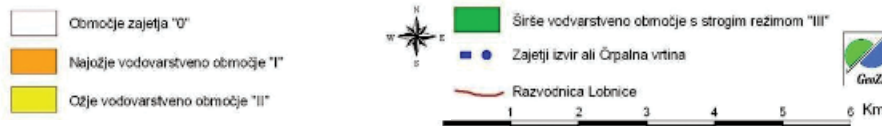
Vidimo, da je večji del Maribora na levem bregu Drave v ožjem vodovarstvenem območju II. Morali bi najti zakonsko rešitev za ponikanje močno razredčenih odpadnih voda ob nalivih majhne verjetnosti (na primer od 10-letnih voda navzgor). Prelite vode v teh razbremenilnikih pa bi lahko pred ponikanjem dodatno čistili s filtri.

6.3 Individualne rešitve – velik učinek z majhnimi stroški

Padavinska voda vstopa v kanalizacijski sistem preko požiralnikov, ki so običajno ozko grlo. Zato je na primer civilna zaščita pred napovedanimi obilnimi poplavami konec oktobra 2018 objavila naslednji poziv: »Zaradi vetrovnega vremena v preteklih dneh je povsod ogromno listja, ki lahko zamaši odtočne sisteme in povzroči zalivanje površin, ki jih po navadi ne zaliva. Zato naj ljudje pomislijo, ali imajo doma, okrog hiš, odtoke in druge površine, ki bi jih lahko očistili in tako preprečili zalivanje.«



Legenda: VODOVARSTVENO OBMOČJE ZA VODNO TELO VODONOSNIKA DRAVSKEGA POLJA



Slika 8 • Vodovarstvena območja v Mariboru (Atlas voda).

Za omilitev hitrega odtoka padavinskih voda v kanalizacijo in potoke lahko veliko naredimo tudi sami z individualnimi rešitvami. Naštetimo nekaj rešitev (Vo-Ka Celje, 2019): zatravitev in uporaba travnih plošč na parkirnih površinah, dvoriščih, sprehajalnih poteh, polaganje pro-

pustnega asfalta oziroma drugih bolj propustnih materialov, uporaba ponikovalnih bazenov z visoko sposobnostjo ponikanja, izgradnja zadrževalnih bazenov, v katerih se zbira padavinska voda, ter preureditev opuščenen greznic v zadrževalne ali ponikovalne bazene.

7 • ZAKONODAJA IN PRAKSA ODVODNAVANJA PADAVINSKIH VODA

7.1 Zakonodaja EU o odvodnjavanju

Nekaj usmeritev o preplavitvah kanalizacije ob neurjih najdemo že v Direktivi o očiščenju komunalne odpadne vode (EU, 1991). Ta zahteva, da je pri načrtovanju treba pozornost nameniti omejevanju onesnaženja sprejemnih voda zaradi poplavljanja ob neurjih. Ker v praksi ni mogoče zgraditi kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, ki bi lahko prečistile vso odpadno vodo v razmerah neobičajno močnega deževja, morajo države članice določiti merila za zmanjševanje onesnaženja zaradi preplavljanja vode ob neurjih. Ta merila lahko temeljijo na stopnji redčenja ali zmogljivosti v razmerju na pretok ob suhem vremenu ali pa določajo neko sprejemljivo število preplavljan na leto. Direktiva 1991 jih navaja v Prilogi I. Zahteve za komunalno odpadno vodo.

Slovenija mora kot članica Evropske unije spoštovati evropsko zakonodajo. Standard EN752 Drain and sewer systems outside

buildings iz julija 1996 (EN, 1996) je prevzel Urad RS za standardizacijo in meroslovje v Ljubljani po metodi razglasitve decembra 1996. Drugi del tega standarda z naslovom »Performance Requirements« priporoča povratne dobe računskih nali-

vov, na katere projektiramo kanalizacijska omrežja za odvod padavinskih voda (preglednica 3).

Te zahteve je prevzelo veliko slovenskih izvajalcev gospodarskih javnih služb odvajanja odpadnih voda v svoje predpise, kar se upošteva pri novogradnjah. Obstoječa kanalizacijska omrežja praviloma ne izpolnjujejo teh zahtev.

Pogostost nalivov ¹ (1x v "n" letih)	Lokacija	Pogostost poplav (1x v "n" letih)
1 v 1	Podeželje	1 v 10
1 v 2	Stanovanjska območja	1 v 20
1 v 2 1 v 5	Mestna središča, industrijska in obrtna območja: – s preskusom poplavljanja – brez preskusa poplavljanja	1 v 30 -
1 v 10	Podzemna železnica, podvozi	1 v 50

¹ Pri nalivih ne sme biti preobremenitve.

Preglednica 3 • Pogostosti računskih nalivov za preračune kanalizacije po EN 752.



Slika 9 • Ponikalni blok in ponikalno polje iz plastike (Pipelife https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM_enSI669SI669&oeq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57).

7.2 Slovenska zakonodaja o odvodnjavanju padavinske vode v naseljih

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode iz leta 2015 je posodobitev Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (za obdobje od 2005 do 2017) iz leta 2004 in na več mestih obravnava padavinske vode. Uredba opredeljuje naslednje: padavinska odpadna voda je padavinska odpadna voda v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. 26. člen Uredbe zahteva, da mora Program izvajanja javne službe vsebovati tudi vsebinski sklop načrta ukrepov za zmanjševanje količin padavinske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo. Praksa kaže, da Programi izvajanja vsebujejo le zakonske obveze brez konkretnih ter merljivih ciljev. V pripravi je novi operativni Program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode, ki pa se ukvarja v glavnem s seznamom in mejami aglomeracij.

Glede ravnanja s padavinsko vodo je bil narejen velik korak z Uredbo o metodologiji okolja (MP, 2012), ki narekuje občinam, da oblikujejo ločeno ceno za odvajanje padavinske vode s streh. Namen te Uredbe je bil spodbuditi uporabnike, da bi svojo padavinsko vodo zadržali (zelene strehe, zaprti ali odprti zadrževalniki) ali poniknili (če to dopuščajo sestav tal in vodovarstvena območja). Namen te finančne politike je dvig nivoja podzemne vode in zmanjšanje poplavne ogroženosti.

V občinah, ki so že uvedle tak obračun, se običajno uvaja tri načine oblikovanja cen za odvajanje padavinske vode s streh:

- kdor nima speljanih padavinskih odpadnih voda v javno kanalizacijo, ne plača nič;
- kdor ima padavinske odpadne vode s streh speljane v kanalizacijo preko urejenega zadrževanja, plača ceno za 50 % količin odpadnih padavinskih voda s strehe;
- kdor odvaja padavinske odpadne vode s streh neposredno v kanal, plača ceno za

celotno količino odpadnih padavinskih voda s strehe.

Na voljo je bogata ponudba proizvajalcev opreme za zadrževanje in ponikanje padavinskih voda.

7.3 Praksa izračunov kanalizacije v Sloveniji

V praksi se upoštevajo računski nalivi, preverbe preplavitvev omrežij pa se ne opravljajo. Zakaj? Za preverbo preplavitvev omrežij potrebuje projektant ustrezno orodje, hidrološko-hidravlični model. In zakaj bi projektant izvedel te zahtevne in drage izračune, če pa dobijo vodna soglasja in gradbena dovoljenja projekti brez teh izračunov? Za izliv padavinske vode iz kanalizacije so kritične točke požiralniki na cesti, robniki v mešanih sistemih kanalizacije ter propusti na naravnih porečjih (Despotović, 2009). V Sloveniji pogosto uporabljen model ameriške agencije za okolje EPA SWMM izračuna, v katerem jašku bo prišlo do izliva padavinske vode, in poda

velikostni razred pretoka izlivajoče se vode, več pa ne (slika 10).

Danes že razpolagamo z matematičnimi modeli, ki obravnavajo tako tok v kanalizacijskem omrežju in ob preplavitvi površinski tok po mestnih cestah in drugih površinah, na primer Giswater (Radinja, 2018).

7.4 Primer Maribor

V okviru izdelave idejnih projektov za projekt »Odvajanje in čiščenje odpadne vode na območju Maribora – širše prispevno območje ČN Maribor« je Institut za ekološki inženiring Maribor skupaj s podjetjem CEKIBEO iz Beograda izdelal hidravlične izračune mariborske kanalizacije z dinamičnim modelom z uporabo programskega paketa SWMM 5.0 (slika 10). Ker Barbarin potok teče v mestno kanalizacijo na začetku Trubarjeve ceste, smo predlagali izgradnjo suhega zadrževalnika v severozahodnem vogalu mestnega parka. Na levem bregu Maribora je hidravlični izračun dokazal potrebo po izgradnji zadrževalnika Tabor prostornine približno 6000 m³. Hidravlični model smo ponovno uporabili zaradi močnih nalivov v letu 2009, preverili prejšnje rešitve ter jih nadgradili z novimi ugotovitvami (IEI, 2009).

Z modelom smo določili koncept zaščite desnega brega Maribora pred poplavami z izgradnjo več zadrževalnikov. Ključni namen modelnih izračunov pa je bil prelitvanje onesnažene vode v obstoječih razbremenilnikih zaradi optimalne obremenitve čistilne naprave. Rezultati teh izračunov so predstavljali podlage za natančnejše izračune konkretnih posegov v kanalizacijo (Štrossmayerjeva, Svetozarevska, objekti nove Medicinske fakultete, Stražunski jarek).



Slika 10 • Hidravlični izračun z modelom SWMM za levi breg Maribora, ki prikazuje izlivanje kanalizacije za nalive povratnih dob 2 in 5 let (IEI, 2008).

8 • POTREBNI KORAKI ZA REŠITEV PROBLEMA

Ugotovimo lahko, da je problem znan, vzroki za problem in tudi rešitve so znane. Vendar ne obstaja, pa tudi ne nastaja noben operativni program. Predlagamo izvedbo potrebnih ukrepov v naslednjih korakih:

1. Postaviti jasne dolgoročne in merljive cilje (povečanje obsega ločene kanalizacije, zmanjšanje količine padavinskih voda v kanalizaciji s povečanjem zelenih površin, površin zelenih streh, vodnih površin, kar

vpliva tudi na spremembo mestne klime, zmanjšanje poletne temperature zraka ipd).

2. Izdelati tehnične rešitve za navedene cilje in določiti (conirati), kje v mestu so ti ukrepi najbolj potrebni za izpostavljen naselja znotraj urbanega območja. Finančno oceniti problem in izdelati optimizacijo rešitev z večkriterijskimi analizami, ki morajo upoštevati ekonomske, sociološke, okoljske in zdravstvene kriterije.

3. Preveriti prostorske pogoje izvedbe ukrepov. Kje dobiti nove površine za zelene in modre površine? Provokacija: spremembe velikih parkirišč v večetažna – del parkirišča se spremeni v zeleno ali vodno površino, obveza ob izgradnji novih parkirišč (trgovski centri) še izgradnja zelenih in vodnih površin. Ustrezno dopolniti mestne urbanistične dokumente. Po potrebi spremeniti zakonodajo.
4. Izdelati operativni program s kratkoročnimi in dolgoročnimi cilji in mehanizmom zagotavljanja finančnih sredstev za investicije in obratovanje z zagotavljanjem finančnih sredstev (EU, slovenska).

9 • SKLEP

Posledica podnebnih sprememb so tudi intenzivnejše padavine. V središčih slovenskih mest so zgrajeni pretežno mešani sistemi kanalizacije. Intenzivnejši nalivi povečujejo

poplavno ogroženost mest z lastnimi padavinskimi vodami. Rešitev problema predstavlja tako imenovana modro-zelena vizija oz. zelene in vodne površine v mestih. Za izvedbo potre-

bujemo dolgoročno operativno strategijo v obliki operativnega programa, ki bi zastavila dolgoročne cilje, potrebni obseg finančnih sredstev ter faznost izvedbe. Možni viri financiranja so Sklad za podnebne spremembe ter Okoljski sklad za individualne rešitve. Dodaten problem je umeščanje potrebnih objektov v mestih.

10 • LITERATURA

ARSO, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – prvi del, ARSO, 2018.

ARSO, Povratne dobe za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi, http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip_return_periods_newer/, 2009.

Atlas voda, <https://gisportal.gov.si/portal/apps/webappviewer/index.html?id=11785b60acdf4f599157f33aac8556a6>, pridobljeno 8. 4. 2019.

CZ, Civilna zaščita opozarja: Očistite odtočne sisteme, <https://www.24ur.com/novice/slovenija/civilna-zascita-opozarja-ocistite-odtocne-sisteme.html>, 26. 10. 2018.

Čendak, B., Moderne ponikalnice, https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM_enSI669SI669&oq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57.6730j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8, pridobljeno 8. 4. 2019.

Despotović, J., Kanalisiranje kišnih voda, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2009.

Despotović, J., Plavšič, J., Đukić, A., Stanić, M., Prodanović, D., Todorović, A., Janković, I., Jaćimović, N., Upravljanje kišnim oticajem u gradovima u 7 koraka - Gospodarjenje s padavinskim odtokom v mestih v 7 korakih, Mišičev vodarski dan, str. 36–51, 2018.

Dolinar, M., Podnebne spremembe v Sloveniji: kaj smo izmerili in kaj pričakujemo, Agencija RS za okolje, september 2014.

Dolinar, M., Vpliv podnebnih sprememb na vodni krog, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014.

EGS, Direktiva Sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode, 91/271/EGS, 1991.

EN, EN752, Drain and sewer systems outside buildings - Sewer system management, 1996.

EU, Strategy on adaptation to climate change 2014, http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm, pridobljeno 8. 4. 2019.

IEI, Institut za ekološki inženiring, Hidravlični izračun kanalizacije mesta Maribor za konkretne primere ekstremnih padavin junij – avgust 2008 in maj 2009, Maribor, 2009.

IEI, Institut za ekološki inženiring. Mešan sistem kanalizacije mesta Maribor, predstavitev matematičnega modela, Maribor, CEKIBEO, Beograd, 2008.

IWA, The Journey to Water-Wise Cities, Principles Water Wise Cities, <http://www.iwa-network.org/projects/water-wise-cities/#the17iwaprinciplesforwaterwisecities>, pridobljeno 8. 4. 2019.

Kajfež Bogataj, L., Podnebne spremembe in njihovi vplivi na kakovost življenja ljudi. Acta agriculturae Slovenica, 2005.

Kobold, M., Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave, Ujma, številka 23, 2009.

Kolar, J., Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda, Državna založba Slovenije, 1983.

- Krajnc, U., Despotović, J., Preplavitve cestnih podvozov, 13. Kongres o cestah in prometu, Portorož, 2017a.
- Krajnc, U., posvet Podnebne spremembe v povezavi s kakovostjo življenja v urbanih območjih, Ekolist revija o okolju 14, str. 56, 2017b.
- Krajnc, U., Sanitarna hidrotehnika v funkciji zaščite urbaniziranih območij, ogroženih zaradi poplav; Mišičev vodarski dan, str. 76–83, 2009.
- LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod, Zelena mesta dobrodošla voda - celovito upravljanje s padavinsko vodo, http://www.luz.si/sites/default/files/predstavitev_celovitega_upravljanja_s_padavinsko_vodo_3.pdf, pridobljeno 8. 4. 2019.
- Maksimović, Č., Atanasova, N., Banovec, P., Blue Green Dream, FGG Ljubljana, 2013.
- Maksimović, Č., Božinović, R., Integrated BSG (Blue Green Solution) for Advanced Urban Planning for Sustainability and Resilience – Beyond Fake News SDEWES Conference, Novi Sad, 2018.
- Matoz, A., Podnebne spremembe – kaj, kako, kdo? Pravno-informacijski center nevladnih organizacij – PIC, pic.si/wp-content/uploads/2014/01/brosura.pdf, pridobljeno 8. 4. 2019.
- Mikoš, M., Bezak, N., Izvrednoteni podatki o ekstremnih padavinah za Maribor, FGG Oddelek za okoljsko inženirstvo, 2016.
- MOP, Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017 s poudarkom na ukrepih programa, ki bodo izvedeni do 31. decembra 2008, 2004.
- MOP, Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/15, 2015.
- MP, Ministrstvo za promet RS, Tehnična specifikacija TSC 03.380 Odvodnjavanje cest, 2011.
- MP, Ministrstvo za promet RS, Uredba o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja, Ur. L RS 87/12 in 109/12, 2012.
- Oberžan, T., Sedanje stanje kanalizacijskih sistemov v Sloveniji in potrebne aktivnosti, ki jih bodo morali upravljavci izvajati v prihodnosti; Izzivi in priložnosti pri odvajanju odpadne vode – kaj nas uči izkušnje?, Celje, marec 2018.
- Panjan, J., Bogataj, M., Kompare, B., Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov, Strojniški vestnik, 51, 600–611, 2005.
- Pogačnik, N., Pomen hidrološke napovedi za učinkovit odziv ob mestnih poplavah, Naravne nesreče 4, Trajnostni razvoj mest in naravne nesreče, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, 2017.
- Radinja, M., Atanasova, N., Banovec, P., Uporaba modelov za učinkovito upravljanje s padavinskimi vodami v urbanih okoljih, 8. konferenca komunalnega gospodarstva Podčetrtek, 2018.
- SLONEP, Plačevanje dežja, <https://www.slonep.net/predpisi/zakonodaja/novice/placevanje-dezja>, pridobljeno 8. 4. 2019
- Stražar, M., Modro (-) zeleno ravnanje z vodo, 8. konferenca komunalnega gospodarstva, Podčetrtek, 2018.
- SURS, Statistični urad RS, Mestna naselja v Republiki Sloveniji 2003, 2004.
- Šraj, M., Menih, M., Bezak, N., Mikoš, M., Poplavno tveganje v Sloveniji in podnebna spremenljivost, Naravne nesreče 4, Trajnostni razvoj mest in naravne nesreče, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, 2017.
- Vlada RS, Odlok o Programu porabe sredstev Sklada za podnebne spremembe v letu 2019, 20. 12. 2018.
- Vlada RS, Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam, december 2016.
- VO-KA Celje, Kaj lahko naredimo sami za večjo poplavno varnost, <http://www.vo-ka-celje.si/sl/uporabniski-center-63>, pridobljeno 8. 4. 2019.
- VOKA Ljubljana, Vodovod-Kanalizacija Ljubljana, Tehničnih navodilih za kanalizacijo, EAD-116244, pridobljeno 8. 4. 2019.
- Zabret, K., Šraj, M., Can, U., Trees Reduce the Impact of Climate Change on Storm Runoff? Urbani izziv, Vol. 26, supplement: GREEN INFRASTRUCTURE IN CENTRAL, EASTERN AND SOUTH EASTERN EUROPE, pp. S165-S178, Urbanistični inštitut Republike Slovenije, 2015.