

Analiza mogućnosti primjene integralnih mjera oborinske odvodnje u Dubrovniku za ublažavanje urbanih poplava

Prkačin, Anđela

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:490777>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-25**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Završni rad

ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMJENE INTEGRALNIH MJERA OBORINSKE ODVODNJE U DUBROVNIKU ZA UBLAŽAVANJE URBANIH POPLAVA

Student: Anđela Prkačin

Mentor: izv. prof. dr. sc. Damir Bekić

Zagreb, 2023.

Analiza mogućnosti primjene integralnih mjera oborinske odvodnje u Dubrovniku za ublažavanje urbanih poplava

Sažetak: Budući da je postojeći konvencionalni sustav oborinske odvodnje u Dubrovniku potkapacitiran, a sveprisutne klimatske promjene i ubrzana urbanizacija dodatno otežavaju odvodnju naročito u periodima velikih padalina, javlja se potreba za primjenom zelene infrastrukture. Kroz rad su navedeni generalni koncepti, primjena i koristi integralne odvodnje i analizirana je mogućnost i iste u gradu Dubrovniku – za konkretne lokacije u gradu dani su prijedlozi primjene određenih mjera s ciljem ublažavanja urbanih poplava i rasterećenja postojećeg sustava odvodnje.

Ključne riječi: grad Dubrovnik, oborinska odvodnja, urbane poplave, zelena infrastruktura, integralni sustav

Analysis of the possibilities for implementing integrated stormwater drainage measures in Dubrovnik to mitigate urban floods

Abstract: Given that the existing conventional stormwater drainage system in Dubrovnik is reaching its capacity limits, and that pervasive climate change and rapid urbanization further complicate drainage, especially during periods of heavy rainfall, there is a need for the implementation of green infrastructure. This paper outlines the general concepts, applications and benefits of integral drainage and analyzes the feasibility of its application in the city of Dubrovnik. Specific locations in the city are suggested for the implementation of certain measures aimed at mitigating urban flooding and relieving the existing drainage system.

Keywords: Dubrovnik city, stormwater drainage, urban flooding, green infrastructure, integral system

Sadržaj

1. Uvod.....	4
2. Grad Dubrovnik.....	5
2.1. Osnovni podatci o stanju u prostoru i stanovništvu.....	5
2.2. Klima.....	6
3. Oborinska odvodnja	8
3.1. Odvodnja i sustavi odvodnje otpadnih voda	8
3.2. Postojeći sustav oborinske odvodnje grada Dubrovnika.....	9
3.3. Problematika oborinske odvodnje i urbane poplave.....	11
3.4. Postojeće studije i planovi.....	14
4. Integralne mjere urbane odvodnje	16
4.1. Zašto "zeleno"?	16
4.2. Integralna odvodnja.....	18
4.2.1. Cestovna mreža i zelene površine (parkovi, rekreativni i ostali otvoreni prostori).....	20
4.2.2. Pročišćivanje	24
4.2.3. Propusni pločnici.....	25
4.2.4. Zeleni krovovi	25
4.2.5. Bioretencije, kišni vrtovi	26
4.2.6. Drenažni jarci	28
4.2.7. Ostala rješenja	28
4.3. Primjeri primjene integralnih mjera u gradovima svijeta i Hrvatske	29
4.4. Mogućnost implementacije integralnih mjera u Dubrovniku.....	32
4.5. Usporedba integralnog i konvencionalnog pristupa upravljanja oborinskim vodama i benefiti "zelene" infrastrukture	37
5. Zaključak.....	39
6. Literatura	40

POPIS SLIKA

Slika 1. Geografska lokacija Dubrovnika.....	5
Slika 2. Shematski prikaz sustava odvodnje.....	9
Slika 3. Shematski prikaz razdjelnog sustava odvodnje.....	10
Slika 4. Slivna područja grada Dubrovnika.....	11
Slika 5. Kombinacija brdskih i nizinskih uvijeta kanalske mreže.....	12
Slika 6. Veliki dotok oborinske vode istječe na Ulicu Frana Supila.....	13
Slika 7. Gradske ulice najčešće podložne plavljenju.....	13
Slika 8. Posljedice poplava na slivu Batala.....	14
Slika 9. Plavljenje Obale Stjepana Radića.....	14
Slika 10. Promjene u otjecanju na prirodnoj i urbaniziranoj slivnoj površini.....	18
Slika 11. Posljedice urbanizacije na hidrogram otjecanja.....	18
Slika 12. Usporedba tradicionalnog i integralnog pristupa.....	19
Slika 13. Površina u sklopu ulice (1).....	21
Slika 14. Površina u sklopu ulice (2).....	22
Slika 15. Prometnica (1).....	22
Slika 16. Prometnica (2).....	22
Slika 17. Parkiralište.....	23
Slika 18. Posebna situacija – zavoj s pravokutnom formom.....	23
Slika 19. Prometnica – kružni tok.....	24
Slika 20. Propusna površina.....	25
Slika 21. Zeleni krov u tradicionalnoj gradnji.....	26
Slika 22. Zeleni krovovi u modernoj gradnji.....	26
Slika 23. Presjek bioretencije.....	27
Slika 24. Kišni vrt.....	27
Slika 25. Presjek infiltracijskog jarka.....	28
Slika 26. Prskanje propusne površine ceste tijekom ispitivanja u Qian'anu.....	30
Slika 27. Primjena "zelenih" tehničkih rješenja – Grad Pula, kružni tok Šijana.....	31
Slika 28. Postojeće parkiralište Opće bolnice.....	32
Slika 29. Djelomično dovršeno parkiralište "Mijović šuma".....	33
Slika 30. Novoizvedeno parkiralište u Gružu.....	33
Slika 31. Parkiralište "Buža" uz gradske zidine.....	34
Slika 32. Park na Batali ('Park branitelja').....	35
Slika 33. Park u Gružu.....	35
Slika 34. Otoci na slivu Batala.....	36
Slika 35. Otoci na slivu Šipčine.....	36
Slika 36. Otok na slivu Gruž.....	36
Slika 37. Kružni tok na slivu Gruž.....	36
Slika 38. Kružni tok na slivu Lapad.....	37

POPIS TABLICA

Tablica 1. Grupe elemenata i pristup upravljanja oborinskim vodama u održivim sustavima urbane odvodnje (SUDS)	19
Tablica 2. Učinkovitost pročišćivanja (Environmental Services Division).....	25
Tablica 3. Usporedba "sivih" i "zelenih" rješenja	38
Tablica 4. Rekapitulacija poglavlja 4.4.	39

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Kretanje broja stanovnika u Gradu Dubrovniku kroz povijest (Izvor: DZS).....	6
Grafikon 2. Mjesečne vrijednosti količine oborine [mm] i trajanja osunčavanja [h] za grad Dubrovnik u periodu od 1961.-2021. (Izvor: DHMZ).....	7
Grafikon 3. Porast urbanog stanovništva u Europi i Hrvatskoj (Izvor: UN)	17
Grafikon 4. Mjesečne vrijednosti količine oborine [mm] i trajanja osunčavanja [h] za grad Dubrovnik u periodu od 1961.-2021. (Izvor: DHMZ).....	17

1. Uvod

Sve se više gradova suočava s problemima urbanih poplava, a razlog tome leži u posljedicama klimatskih promjena i intenzivne urbanizacije.

Dok klimatske promjene sa sobom donose sve veću klimatsku varijabilnost koja se, između ostalog, manifestira kroz porast intenziteta i učestalosti oborina, intenzivnom urbanizacijom mijenja se hidrološki ciklus zbog velikog broja površina s malom ili nikakvom mogućnosti procjeđivanja oborina u podzemlje.

Postojeća kanalska mreža u gradovima postaje neadekvatna i nemjerodavna za novonastalo stanje i postavlja se pitanje postoje li mogućnosti novih rješenja koja mogu pratiti dinamiku posljedica klimatskih promjena i urbanizacije. Novi pristupi upravljanja urbanim vodama za cilj imaju oponašanje prirodnog hidrološkog režima nekog područja, na način da oborinsku vodu zadrže izvan kanalizacijskog sustava kako bi se smanjila plavljenja i količine "netretirane" oborinske vode koja se ispušta u površinske vode.

Tema ovog rada je "Analiza mogućnosti primjene integralnih mjera oborinske odvodnje u Dubrovniku za ublažavanje urbanih poplava". Cilj rada je prikazati i objasniti funkcioniranje klasičnog pristupa odvodnji u gradu Dubrovniku i proučiti mogućnost primjene "zelene" infrastrukture, onosno integralnog pristupa odvodnji oborinske vode.

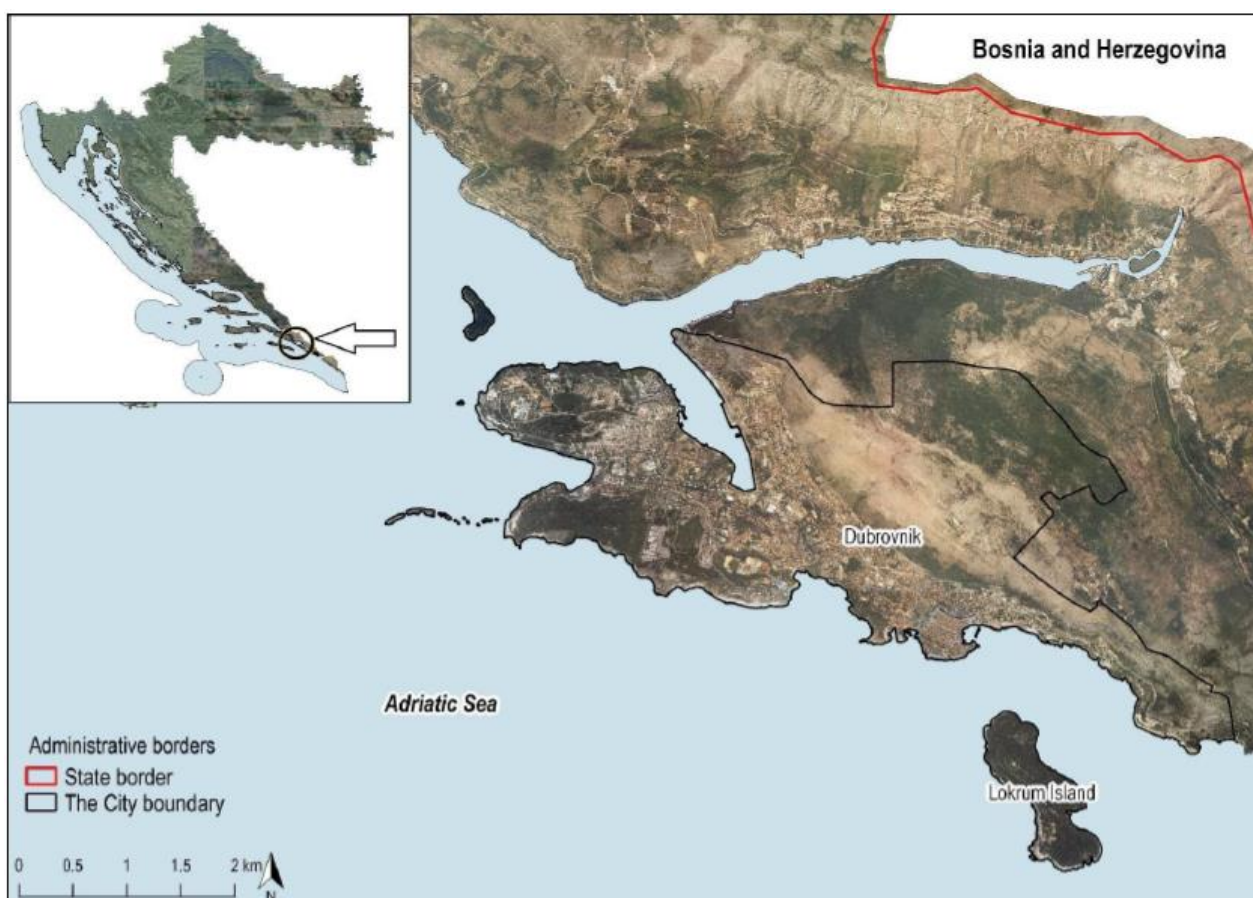
Rad je izložen u pet poglavlja. Kroz treće poglavlje proučava se postojeće stanje i problematika sustava oborinske odvodnje u Dubrovniku, a u četvrtom poglavlju je pojašnjen integralni pristup rješavanju problematike oborinskih voda i dani su prijedlozi lokacija u Dubrovniku gdje bi bilo moguće implementirati elemente "zelene" infrastrukture.

2. Grad Dubrovnik

2.1. Osnovni podatci o stanju u prostoru i stanovništvu

Grad Dubrovnik, administrativno središte Dubrovačko-neretvanske županije, smješten je na krajnjem jugu Republike Hrvatske, na istočnoj obali Jadranskog mora. Nalazi se na 42°38'26" sjeverne geografske širine i 18°06'35" istočne geografske dužine.

Dubrovnik leži na južnim padinama, u podnožju brda Srđa na nadmorskoj visini od 3 m n. m. Svojom površinom od 143,38 km² zauzima 8,05 % površine Dubrovačko-neretvanske županije, a pripada mu i 1100 km² teritorijalnog mora i oko 2200 km² gospodarske zone do granične crte s Italijom.

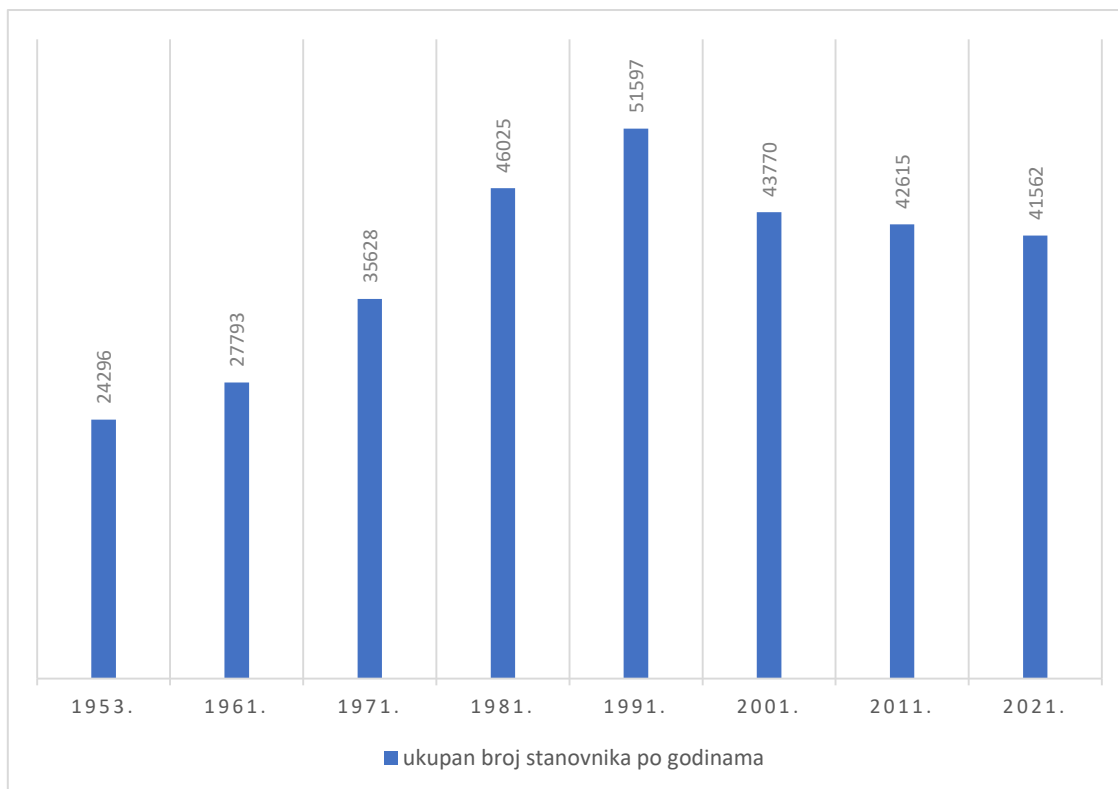


Slika 1. Geografska lokacija Dubrovnika

U drugoj polovici 19. stoljeća u Gružu se razvija sekundarno središte Dubrovnika. Postupnom izgradnjom novih stambenih četvrti, istočno i zapadno od Stare gradske jezgre, nastaje jedinstvena gradska cjelina koja se pruža od rta Svetog Jakova na istoku do rta Kantafiga na ulazu u Rijeku dubrovačku na zapadu.

Urbanistički razvoj grada posljedica je brzog demografskog rasta koji Dubrovnik bilježi sve do Domovinskog rata, nakon čega slijedi negativan demografski prirast.

Prema posljednjem popisu stanovništva iz 2021. godine, u Dubrovniku živi 41 562 stanovnika, a na Grafikonu 1., prema podacima Državnog zavoda za statistiku, moguće je vidjeti kretanje broja stanovnika od 50-ih godina prošlog stoljeća do danas.



Grafikon 1. Kretanje broja stanovnika u Gradu Dubrovniku kroz povijest (Izvor: DZS)

2.2. Klima

Dubrovnik ima umjereno toplu vlažnu klimu s vrućim, umjereno suhim ljetima i blagim do hladno vlažnim zimama. Od listopada do travnja uglavnom pušu bura i jugo, a ljetne temperature ublažava maestral. Grmljavinska nevremena uobičajena su tijekom cijele godine, čak i ljeti.

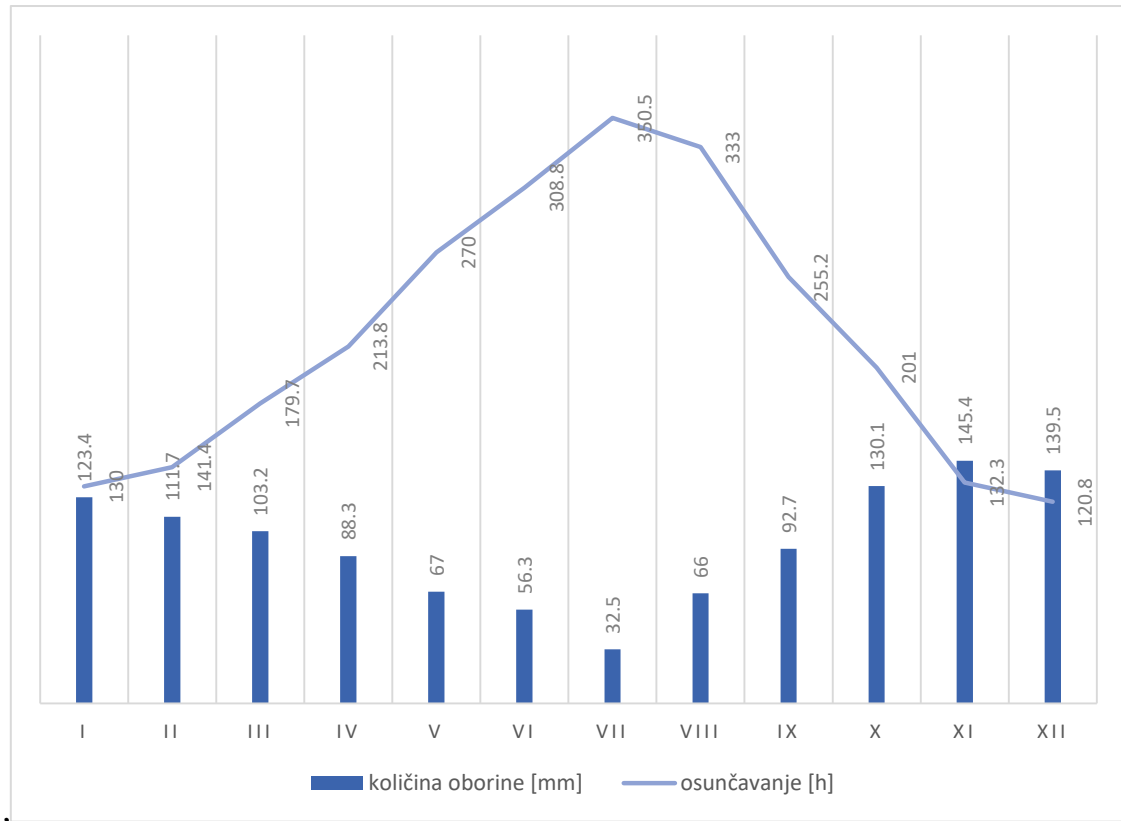
Temperature lagano variraju, ovisno o području. Srednja godišnja temperature zraka iznosi 17°C. Zime u Dubrovniku su među najblažima u Hrvatskoj; srednje dnevne temperature u najhladnijim mjesecima su oko 9°C. U mjesecu srpnju - najtoplijem mjesecu u godini, srednja dnevna temperature iznosi oko 25°C.

Prosječna godišnja količina oborina u Dubrovniku iznosi 1200 mm. Najmanje padalina je u srpnju (32,5mm), a najviše u prosincu (139,5mm).

Dubrovnik ima između 106 i 111 sunčanih dana i više od 2600 sunčanih sati godišnje; najviše u mjesecu srpnju (350,5 sunčanih sati), a najmanje u mjesecu prosincu (120,8 sunčanih sati).

Mjesečne vrijednosti količine oborine i trajanja osunčavanja za Dubrovnik, za razdoblje od 1961. do 2021., prikazani su na Grafikonu 2. prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Snijeg i vrlo niske temperature u Dubrovniku su rijetka pojava.



Grafikon 2. Mjesečne vrijednosti količine oborine [mm] i trajanja osunčavanja [h] za grad Dubrovnik u periodu od 1961.-2021. (Izvor: DHMZ)

3. Oborinska odvodnja

3.1. Odvodnja i sustavi odvodnje otpadnih voda

Sustav odvodnje čini skup građevinskih objekata i mjera za prikupljanje i odstranjivanje otpadnih voda iz naselja, njihovo pročišćivanje, ispuštanje u prijemnik, te zbrinjavanje mulja koji nastaje u postupku pročišćavanja otpadnih voda.

Osnovni zadatak sustava odvodnje jest da se, uz što povoljnije sanitarne uvijete, otpadne (onečišćene, zagađene) vode što brže odstrane iz ljudske blizine i da se prije ispuštanja u recipijent pročiste na stupanj koji je u skladu s propisanim standardima tražene čistoće tog prostora.

Otpadnim vodama nazivamo sve vode koje su bile upotrijebljene u određenu svrhu i pri tome prikupile dopunska onečišćenja zbog kojih je došlo do promjene njihovih fizikalnih, kemijskih, bioloških i bakterioloških svojstava. Otpadnim vodama pripadaju i vode koje dopijevaju u sustav odvodnje od oborina i procjeđivanja podzemnih voda.

Prema porijeklu i karakteru onečišćenja (ili zagađenja), otpadne vode dijelimo u četiri osnovne skupine:

- i. **kućanske ili sanitarne otpadne vode:** fekalne i potrošne,
- ii. **industrijske otpadne vode:** uvjetno čiste, onečišćene i zagađene,
- iii. **oborinske vode:** od oborina i pranja ulica,
- iv. **procjedne vode:** od procjeđivanja podzemnih voda.

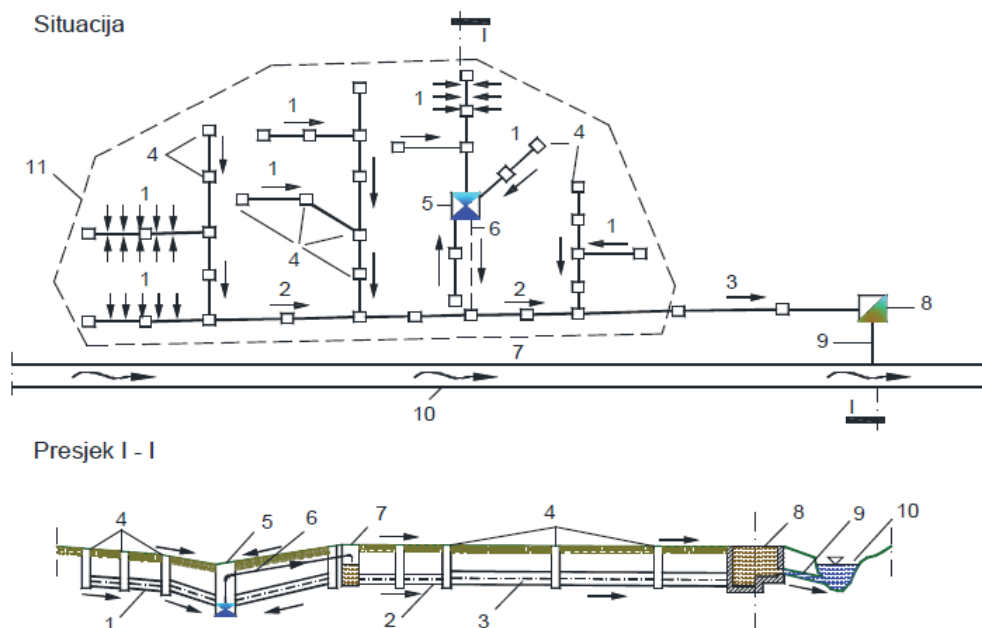
U ovom radu fokus će biti isključivo na odvodnji oborinskih voda – voda koje su posljedica palih oborina (kiša, snijeg) na urbano slivno područje i voda od pranja ulica.

Sustav odvodnje otpadnih voda funkcionalno je povezan s vodoopskrbom, odnosno vodoopskrbnim sustavom, a čine ga sljedeće glavne grupe objekata:

- i. **kanalizacijska mreža**, primarna i sekundarna kolektorska ili kanalska mreža, kojom se otpadne vode prikupljaju i odvede do uređaja za pročišćavanje,
- ii. **građevine kanalizacijske mreže** (crpne stanice, ulazna i prekidna okna, prelijevne građevine...), kojima je omogućeno ispravno funkcioniranje, upravljanje i održavanje mreže,
- iii. **uređaji za pročišćavanje otpadnih voda**, kojima se otpadne vode pročišćavaju na stupanj koji je u skladu s danim standardima,
- iv. **ispusti**, kojima se (pročišćene) otpadne vode ispuštaju u prijemnik.

Osnovni kriteriji koji određuju podjelu sustava odvodnje jesu:

- i. **način prihvaćanja i odvodnje otpadnih voda:** mješoviti ili skupni, razdjelni ili odvojeni, polurazdjelni i kombinirani sustavi,
- ii. **pogonske osobine sustava:** gravitacijski i kombinirani (gravitacijsko – potisni) sustavi.



Slika 2. Shematski prikaz sustava odvodnje (1 – sporedni kolektori; 2 – glavni kolektor; 3 – glavni odvodni kolektor; 4 – ulazna okna; 5 – crpna stanica; 6 – potisni cjevovod; 7 – prekidno okno; 8 – uređaj za pročišćavanje; 9 – ispust; 10 – prijemnik; 11 – granica područja odvodnje)

Rješavanje problema kanalizacije urbanih područja kao glavni dio ima određivanje hidroloških veličina potrebnih za dimenzioniranje i projektiranje objekata odvodnje oborinskih voda.

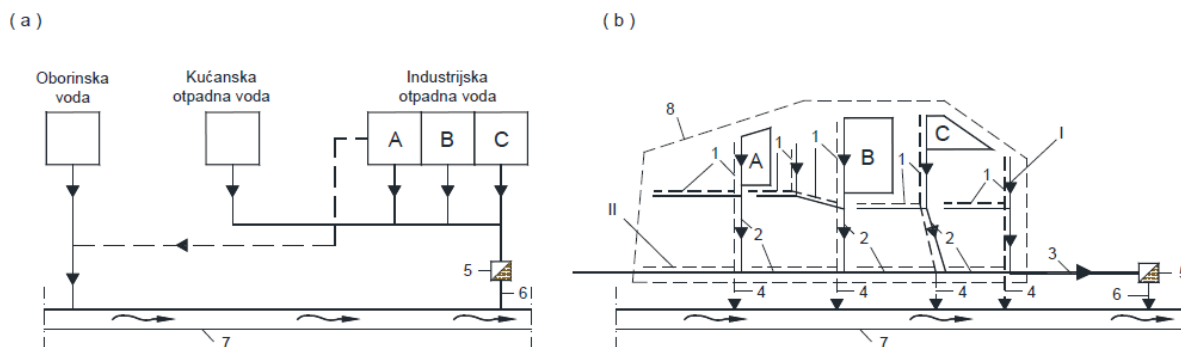
Danas postoje dva pristupa rješavanja problema oborinskih voda – klasični i integralni pristup.

Klasični pristup zasniva se na analizi troškova i dobiti. Troškovi su oni od izgradnje kanalizacije, a dobit predstavlja smanjenje šteta od plavljenja koje bi nastalo da nema te kanalizacije. Integralni pristup zasniva se na principima održivosti življenja u gradu.

3.2. Postojeći sustav oborinske odvodnje grada Dubrovnika

Za Grad Dubrovnik temeljem “Studije koncepcije kanalizacije grada Dubrovnika” (Građevinski institut, Zagreb, 1972. god.) i glavnim projektom “Gradska kanalizacija otpadnih, fekalnih i potrošnih voda Dubrovnika” (Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Zagreb, 1975. god.) usvojen je razdjelni sustav odvodnje otpadnih voda.

Razdjelni sustav odvodnje obično se izgrađuje od dvije kanalizacijske mreže – jedna za prihvata i transport otpadnih (kućanskih i industrijskih) voda, a druga za prihvata i transport oborinskih voda.



Slika 3. Shematski prikaz razdijelnog sustava odvodnje [a – pogonska shema; b – shema tehničkog rješenja] (A, B i C – industrijski pogoni, I – kanali za kućansku i industrijsku otpadnu vodu, II – kanali za oborinsku vodu, 1 – sporedni kolektor, 2 – glavni kolektor, 3 – glavni odvodni kolektor, 4 – ispust oborinske odvodnje, 5 – uređaj za pročišćavanje, 6 – ispust pročišćene vode, 7 – prijemnik, 8 – granica područja odvodnje)

Koncepcija sustava odvodnje Dubrovnika obuhvaća dvije osnovne prostorne cjeline:

- i. **područje gradskog naselja Dubrovnik** (osim užeg urbanog područja Dubrovnika, ovom području gravitiraju i Sustjepan, Čajkovića, Komolac, Čajkovići, Šumet, Knežica, Rožat, Prijedor, Obuljeno, Nova Mokošica, Stara Mokošica i Lozica)
- ii. **izvangradsko područje** (otok Lokrum i Elafitski otoci, obalna naselja: Brsečine, Trsteno, Orašac, Zaton, te naselja u zaleđu)

Sustav odvodnje otpadnih voda izvangradskog područja nije izgrađen u potpunosti – izrađena je projektna dokumentacija, a na pojedinim mjestima već se krenulo sa samom gradnjom. Kasnije u radu bit će spomenuti planirani sustavi odvodnje tog dijela Grada.

Područje Starog grada izuzima se od generalne koncepcije odvodnje. Kanalizacijska mreža unutar zidina se povijesno, od srednjeg vijeka razvijala i izgrađivala u mješovitom načinu odvodnje – sve otpadne vode, bilo kućanske, bilo oborinske, prihvaćaju se i transportiraju jedinstvenom kanalizacijskom mrežom.

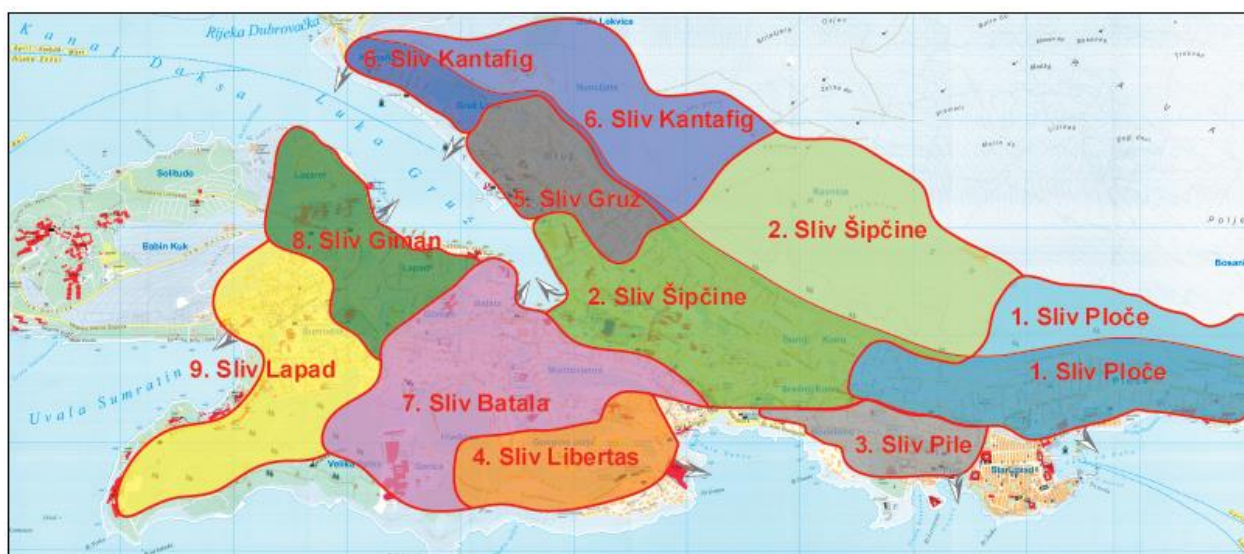
Zona obuhvata ovog rada, ali i zona obuhvata razdijelnog sustava odvodnje, jest uže urbano područje grada Dubrovnika, od područja Sv. Jakov na istočnoj strani, do Kantafiga na zapadnoj strani.

To područje podijeljeno je na devet specifičnih slivnih područja i isto toliko uvjetno nezavisnih sustava odvodnje. Pored svojih specifičnosti, za većinu slivnih područja postoje i neke jednake zajedničke karakteristike – u topografiji i načinu urbanizacije u tom području. Na temelju zajedničkih karakteristika, rješenja oborinske odvodnje tih slivnih područja načelno se sastoje od sabirnih i transportnih kanala.

Sabirni kanali su kanali uzduž prometnica koje su gotovo paralelne sa slojnicama prirodnog terena. Funkcija im je prikupljanje oborinskih dotoka s površina koje im gravitiraju, stoga imaju mali pad i izrazito razvijen sustav za prihvaćanje oborinskih voda (optimalno modelirane površine terena, mikrodepresije i objekti za prihvaćanje dotoka u kanalsku mrežu). Budući da su vođeni relativno malim padovima i s malim brzinama toka, izvedeni su kao standardni – tipski kanali oborinske odvodnje.

S druge strane, transportni kanali su gotovo okomiti na slojnice terena, a funkcija im je transport i spuštanje prikupljenih dotoka, s izrazito visokih uzvodnih odvodnih površina, do razine mora – recipijenta tih dotoka. To su kanali s velikim brzinama toka i predviđeni su kao specifične hidrotehničke građevine kaskadnih stepenica ili brzotoka. Za manje visinske razlike primjenjene su kaskadne stepenice, dok su za veće visinske razlike primjenjeni brzotoci. Brzotoci se primjenjuju kao najekonomičnije i najučinkovitije rješenje u kaletama, uskim pješačkim ulicama sa stepenicama, gdje bi izgradnja kaskadnih stepenica bila jako zahtjevna.

Osim kanala, koji mogu biti otvoreni i zatvoreni, sustav oborinske odvodnje čine i prirodna korita, slivnici, ulazna (revizijska) okna, priključne građevine, prekidna okna, spremnici za oborinsku vodu (retencijski bazeni), crpne stanice, preljevne ili rasteretne građevine te različite primarne i sekundarne mjere za pročišćavanje oborinskih dotoka (okna ili rešetke za lišće, hvatači sedimenata, odjeljivači ulja i masti).



Slika 4. Slivna područja grada Dubrovnika

Na Slici 4. prikazana je podjela užeg urbanog područja Dubrovnika na devet slivnih područja. Riječ je o slivovima: Ploče, Šipčine, Pile, Libertas, Gruž, Kantafig, Batala, Gimán i Lapad.

Postojeće stanje odvodnje riješeno je klasičnim pristupom, korištenjem takozvane racionalne metode.

Hrvatske vode, odnosno Vodnogospodarska ispostava Dubrovnik, na temelju Zakona o vodama upravljaju i održavaju sustav oborinske odvodnje. Građevine oborinske odvodnje kojima se prikupljaju oborinske vode sa lokacija stambenih zgrada, poslovnih i drugih prostora, grade se i održavaju o trošku njihovih vlasnika na način da vode prikupljaju, pročišćavaju i ispuštaju unutar građevinskih čestica zgrada putem upojnih građevina.

3.3. Problematika oborinske odvodnje i urbane poplave

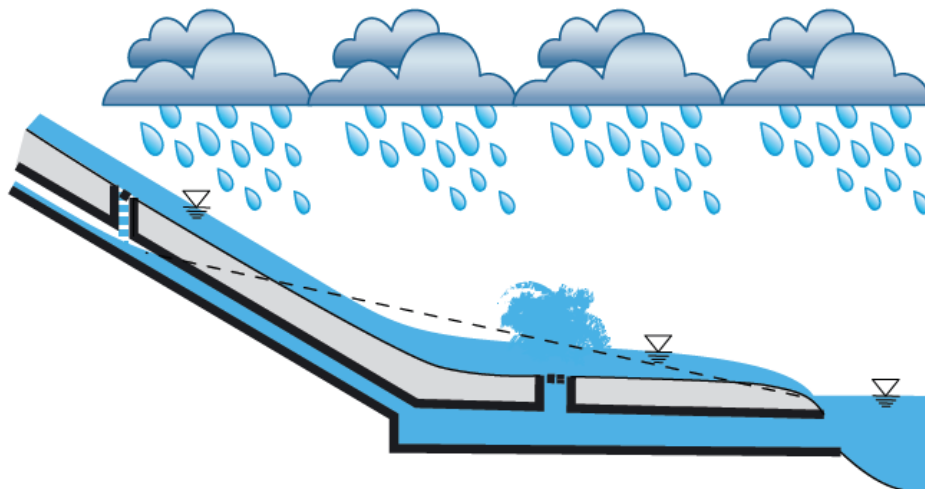
Plavljenje urbaniziranih površina nije moguće u potpunosti isključiti, a projektiranje sustava za prihvaćanje onih najvećih kišnih intenziteta bilo bi potpuno neracionalno ulaganje u izgradnju velikih kapaciteta koji bi bili vrlo rijetko i premalo iskorišteni. Međutim, u

Dubrovniku do plavljenja i zagađivanja urbanih površina dolazi vrlo često i kod manjih kišnih intenziteta.

Prethodno je spomenuto da je 70-ih godina prošlog stoljeća izrađena projektna dokumentacija na temelju koje je izgrađen najveći dio sustava odvodnje otpadnih voda Dubrovnika, ali problem je što izgradnja sustava oborinske odvodnje nije pratila izgradnju sustava otpadnih voda kao ni brzu urbanizaciju samog grada. Trase postojećih kanala oborinske odvodnje su visinski i prostorno dobro postavljene, ali ti kanali su ili premalih dimenzija i kapaciteta ili zapušteni i oštećeni.

Ni konfiguracija samog terena ne djeluje pogodno na sustav oborinske odvodnje. Površine odvodnje koje gravitiraju kanalskoj mreži su većinski izrazito strme i jako urbanizirane, s velikim koeficijentima otjecanja. Čak i prilikom manjih i učestalijih oborinskih intenziteta, s tih površina koncentriraju se veliki dotoci oborinskih voda. Ti dotoci ne otječu samo kanalskom mrežom, već odvodnim površinama i prometnicama, noseći sa sobom sva zagađenja s tih površina. Razlog tomu su premali kapaciteti postojeće kanalske mreže, kao i neprikladno oblikovanje samih odvodnih površina i objekata za prihvaćanje dotoka s tih površina i njihovo uvođenje u kanalsku mrežu.

Nije rijetka ni pojava da kanalska mreža, na nekim svojim djelovima, bude djelomično ili u potpunosti neiskorištena. Velik dio užeg urbanog područja Dubrovnika pozicioniran je na padinama Srđa, što uključuje kombinaciju brdskih i nizinskih uvijeta kanalizacijske mreže. Kanalizacijska mreža u brdskim uvjetima može ostati (djelomično) prazna jer oborinska voda "preskače" prihvatna okna kanala i umjesto da se odvodi kanalima, odvodi se prometnicama. Posljedično, kanalska mreža u svom nizvodnom, priobalnom području, dođe pod uspor i tlak, a rezultat svega je izlivanje i potapanje tih priobalnih, najkorištenijih gradskih površina.

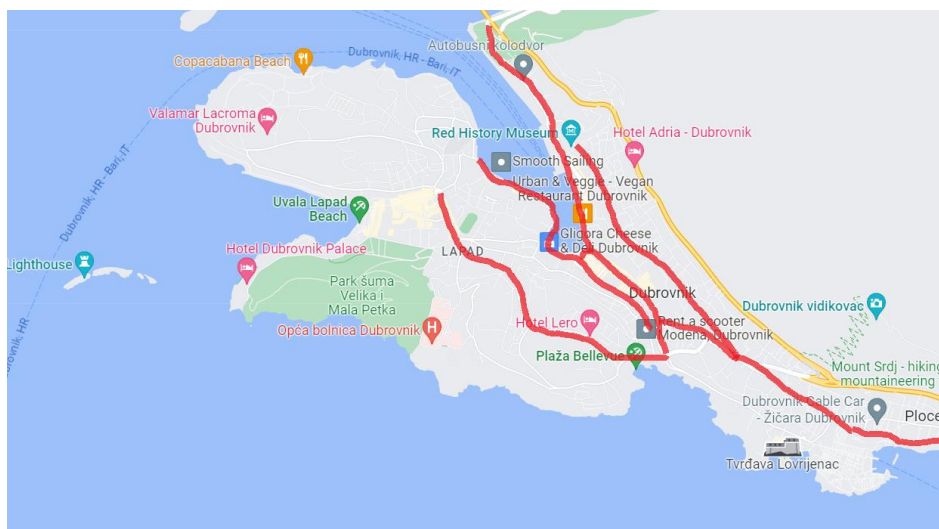


Slika 5. Kombinacija brdskih i nizinskih uvijeta kanalske mreže



Slika 6. Veliki dotok oborinske vode istječe na Ulicu Frana Supila

Ulica Obala Ivana Pavla II kroz Kantafig i Gruž, Lapadska obala na Batali, Ulica Iva Vojnovića kroz Lapad i Batalu, Ulica dr. Ante Starčevića i Vukovarska ulica između Batale i Šipčina, Ulica Andrije Hebranga u Šipčinama, te Ulica Iza Grada i Ulica Frana Supila na Pločama, ulice su koje imaju prometno najveći značaj za grad Dubrovnik, a u isto vrijeme, radi konfiguracije terena, redovito predstavljaju poplavljene zone nakon svake kiše koja izazove urbane poplave (Slika 6.). Dosadnašnje urbane poplave u Dubrovniku koje su znale dosežati količine oborina i 200 mm, nasreću nisu imale ljudskih žrtava, ali materijalne štete su uvijek prisutne – riječ je o oštećenjima infrastrukture, privatnih posjeda, automobila i barki.



Slika 7. Gradske ulice najčešće podložne plavljenju



Slika 8. Posljedice poplava na slivu Batale



Slika 9. Plavljenje Obale Stjepana Radića

3.4. Postojeće studije i planovi

Samo uže urbano područje grada Dubrovnika ima u cijelosti izgrađen sustav odvodnje. U ostalim dijelovima grada ili je izgradnja u tijeku, ili sustav zahtijeva određene preinake i dogradnju, ili izgradnju u cijelosti.

2015. godine počelo se s planiranjem jednog od važnijih infrastrukturnih projekata za ovo gradsko područje, projekt na području Aglomeracije Dubrovnik, Mokošica – Štikovica – Mali Zaton – Orašac. 2021. godine dovršen je sustav vodoopskrbe i odvodnje na području Štikovica. Planirana je gradnja sustava oborinske odvodnje, regulacija potoka Slavijan, uređenje dvaju bujičina korita u Mokošici s taložnicama te regulacija bujica od zaseoka Pobrežje do Stare Mokošice. Sustav odvodnje Zaton – Orašac je u izvedbi, a činit će ga građevine za skupljanje otpadnih i oborinskih voda, uređaj za pročišćivanje otpadnih voda Zaton – Orašac, kao i podmorski ispust u Koločepski kanal. Području Aglomeracije Dubrovnik pripadaju i Tršteno i otok Koločep, čija izgradnja još nije počela.

Još jedno područje koje je bez kanalizacijske mreže jesu Elafitski otoci, a izgradnja iste predstavlja najznačajniju investiciju za razvoj vodno – komunalne infrastrukture Grada Dubrovnika.

Za Lopud, te Suđurađ i Šipansku Luku na Šipanu, izrađena je projektna dokumentacija 2015. i u tijeku je izgradnja kanalske mreže.

Svi navedeni projekti, i oni koji su trenutno u izgradnji i oni kojima tek slijedi izvođenje, ne uključuju nikakve mjere integralne odvodnje, već se baziraju na klasičnom pristupu.

Ipak, Grad Dubrovnik uključen je na razini Republike Hrvatske u razne projekte sufinancirane od strane Europske unije s ciljem da se utvrde prioritetne mjere djelovanja za ublažavanje posljedica klimatskih promjena. Osim na državnoj razini, i kroz djelovanje Dubrovačke razvojne agencije (DURA) najstoji se u skorije vrijeme adaptirati na nove klimatske uvjete i ono što oni nose sa sobom.

Neki od projekata u koje se uključila Dubrovačka razvojna agencija su projekti SOLEZ (Pametna rješenja koja podržavaju zone s niskim emisijama i ostale strategije mobilnosti s niskim udjelom ugljika u gradovima EU), COASTENERGY (Plava energija u lukama i obalnim urbanim područjima), SEADRION (Strategija grijanja i hlađenja), LAirA (Pristupačna zračna luka), te projekti iDEAL čiji je glavni cilj poboljšati praćenje klimatskih promjena i planiranje adaptacijskih mjera rješavanjem specifičnih efekata u regiji.

Glavni rezultat tog projekta je izrada Plana prilagodbe klimatskim promjenama, gdje će iste biti sagledane iz područja poljoprivrede, hidrologije, energije, socijalne ekonomije i sl. Utjecaji klimatskih promjena koji će se ogledati iz polja hidrologije i vodnih resursa su: porast učestalosti suša, porast učestalosti poplava, porast nadmetanja za vodnje resurse kao i porast učestalosti urbanih poplava.

4. Integralne mjere urbane odvodnje

4.1. Zašto "zeleno"?

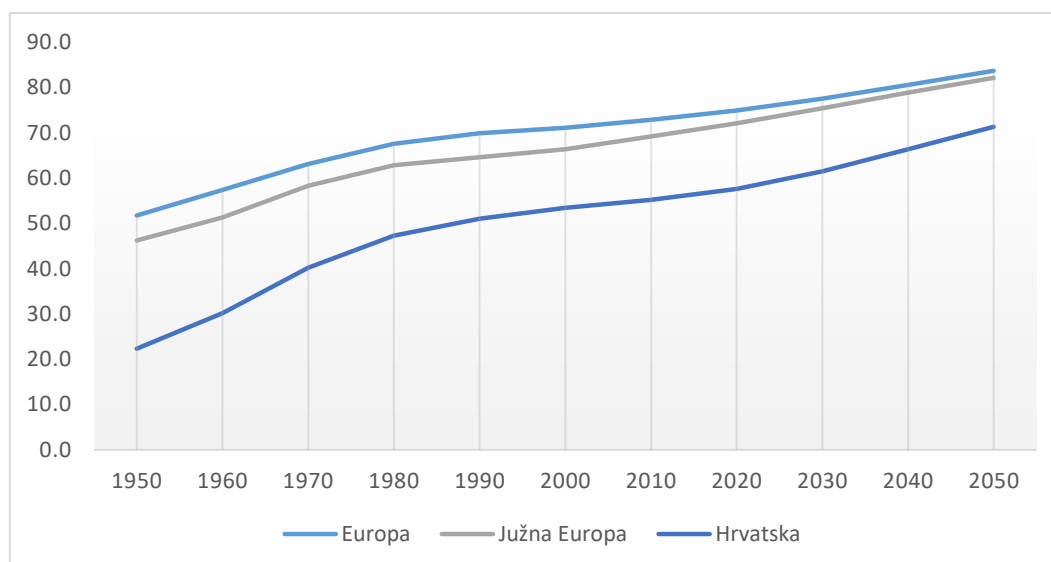
Trenutna problematika oborinske odvodnje u gradu Dubrovniku, a slična je i u ostalim gradovima priobalja, lijepo prikazuje i snagu i slabost povijesnog neintegralnog i monodisciplinarnog planiranja i upravljanja odvodnjom. Svaka disciplina pojedinačno – hidrologija, geomorfologija, ekologija, sociologija i urbanizam, ima izvrsne teoretske osnove za predviđanje budućih stanja, ali je integralno planiranje, gdje bi se sve discipline povezale, još uvijek u razvoju.

Tako kod nas još nije sazrela spoznaja da hidrotehničari trebaju aktivno sudjelovati pri samoj izradi urbanističkih i prometnih planova. Ne na način da ucrtavaju kanalske mreže u već napravljene planove, već naprotiv, tako da usmjeravaju postavljanje tih planova. Izostanak takvog pristupa uzrok je vrlo čestim situacijama u kojima se oborine s udaljenih i manje vrijednih površina, prometnicama koje služe kao površinski odvodni kanali, dovode direktno na glavne, najprometnije i najvrijednije prometnice. Naknadno ucrtavanje podzemnih odvodnih kanala u već gotove planove tako postavljenih prometnica, nerijetko je zapravo samo formalno i suvišno, jer voda na tim prometnicama jednostavno "preskače" prihvatna okna, kanali ostaju prazni, a branjene površine poplavljene.

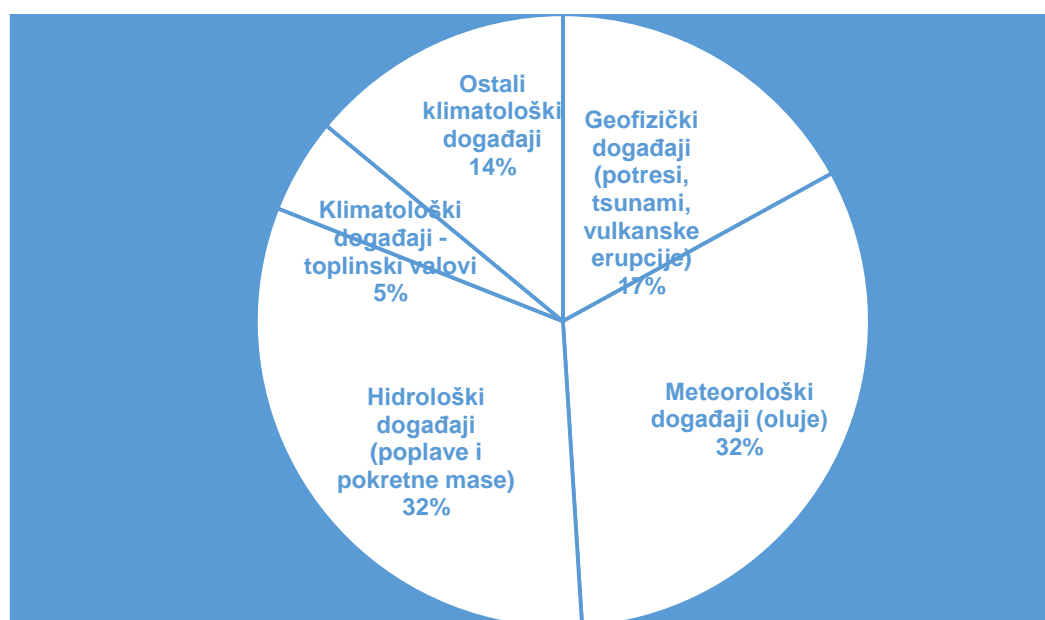
Naravno, takav način planiranja i upravljanja odvodnjom nije jedini problem nedovoljne iskorištenosti kanalske mreže i, posljedično, pojave urbanih poplava koje uvelike smanjuju kvalitetu života u gradu. U posljednje vrijeme ubrzanom urbanizacijom i sveprisutnim posljedicama klimatskih promjena, problem se multiplicirao, a odvodnja oborinskih i površinskih voda postala je kočnicom razvoja grada.

Klimaske promjene, karakterizirane sve učestalijim meteorološkim ekstremima, očituju se i kroz povećanje broja registriranih poplava u svijetu od 1950-ih. Poplave trenutno predstavljaju vremenski ekstrem s najvećim novčanim gubitcima u EU, a predviđanja su da će se do 2050. prosječni godišnji ekonomski gubici od poplava uvećati peterostruko. Analize povijesnih i budućih poplava izložene su izazovima povezanim s (ne)pouzdanošću povijesnih podataka i kriterija odabira te raznim projekcijama klimatskih promjena. Premda, činjenica da će negativni učinci poplava i dalje rasti je općeprihvaćena, kao i to da će njihov najveći utjecaj biti na urbana područja.

Rast urbanog stanovništva za sobom povlači i širenje urbanog područja, povećanje betonizacije i smanjenje zelenih površina, što u konačnici rezultira promjenom prirodnih hidroloških karakteristika zemljišta. Povećava se udio nepropusnih površina i smanjuje se dio vode koja se procjeđuje u podzemlje, a to dovodi do povećanja površinskog otjecanja kojim je nužno upravljati. Procijenjeno je da površina jednog gradskog bloka generira pet puta više otjecanja od identične šumske površine, a analize pokazuju da povećanje nepropusnih površina za 30% rezultira dvostrukim povećanjem poplave 100-godišnjeg povratnog razdoblja.



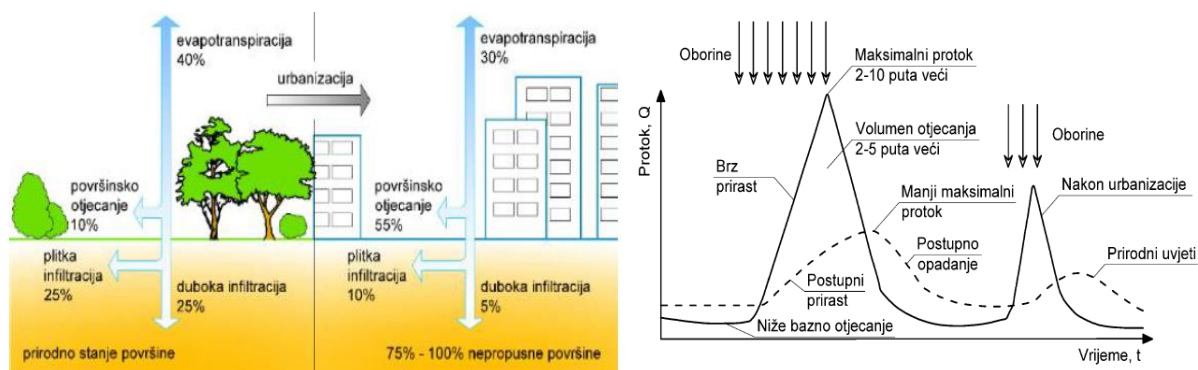
Grafikon 3. Porast urbanog stanovništva u Europi i Hrvatskoj (Izvor: UN)



Grafikon 4. Ekonomski gubitci u EU uzrokovani katastrofama nastalim uslijed klimatskih i meteoroloških ekstrema (Izvor: EEA)

Konvencionalni sustavi urbane odvodnje baziraju se na inženjerskim građevinama pa se još nazivaju i tzv. "sivim pristupom". Riječ je o sustavu kanalske mreže kojim se višak površinske vode skuplja i odvodi izvan samog gradskog područja. U takvom pristupu, višak vode predstavlja smetnju i glavni je cilj da se on odvede najkraćim putem i u što kraćem vremenu. Sustavi urbane odvodnje projektiraju se na način da mogu prihvatiti otjecanje nastalo uslijed mjerodavne kiše – kiše određenog trajanja i perioda ponavljanja (najčešće od 1 do 5 godina). Mjerodavna kiša se temelji na statističkim obradama povijesnih kišnih događaja prikupljenih za određeno razdoblje. Takvi sustavi odvodnje imaju dosta visoke cijene izgradnje ali i održavanja, a ipak zbog stohastičke prirode poplavnih događaja i složenosti sustava ne nude apsolutnu zaštitu od poplava, već samo mogu umanjiti rizik.

Uslijed prethodno opisanih promjena na Zemlji i problematike vezane uz tradicionalnu odvodnju, javlja se potreba za napuštanjem konvencionalnog načina odvodnje i uvođenjem nekih fleksibilnijih rješenja koja su u mogućnosti odgovoriti na nove promjenjive uvjete.



Slika 10. (lijevo) Promjene u otjecanju na prirodnoj i urbaniziranoj slivnoj površini

Slika 11. (desno) Posljedice urbanizacije na hidrogram otjecanja

4.2. Integralna odvodnja

Dok su motivacija i cilj sakupljanja i odvodnje oborinskih voda jednaki i u "tradicionalnom" i u nekom "novom" pristupu oborinske odvodnje, sredstva i način izvedbe su znatno drugačiji.

Novi pristupi upravljanja urbanim oborinskim vodama koji su se razvili kao odgovor na klimatske promjene i globalizaciju uključuju "veće poštivanje" prirodnih zakonitosti i povratak prirodnom hidrološkom ciklusu kroz rješenja iz prirode.

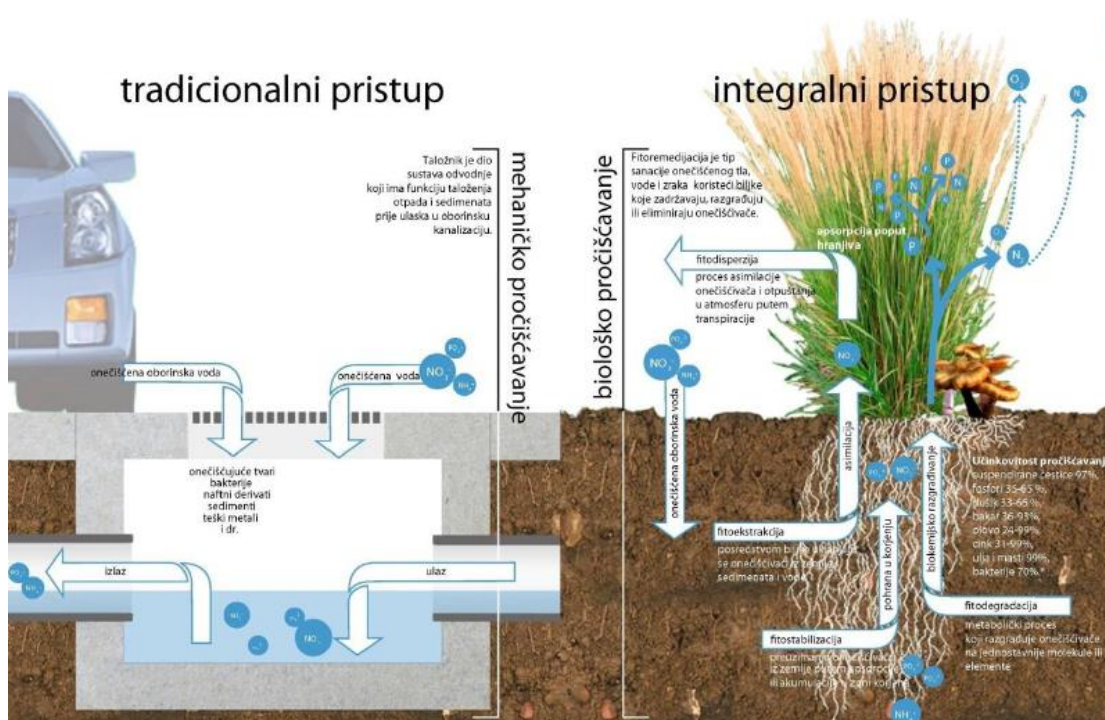
Cilj je, dakle, oponašanje prirodnog hidrološkog režima nekog područja kroz što veće zadržavanje oborinskih voda na slivnom području. Uvođenjem elemenata tzv. zelene infrastrukture unutar postojećeg konvencionalnog sustava razvijaju se novi integralni principi gospodarenja vodnima u urbanim područjima naziva "održivi sustavi urbane odvodnje oborinskih voda" (engl. SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems). Glavna prednost je imitiranje hidrološkog režima kakav je bio na slivu prije urbanizacije što se postiže pomoću mjera zadržavanja vode na izvoru, uvođenjem propusnih elemenata, zadržavanjem i infiltracijom oborinske vode te pomoću evapotranspiracije. Navedeni se pristupi temelje na različitim "zelenim" elementima poput: zelenih krovova, zelenih zidova, kišnih spremnika, akumulacijskih i retencijskih laguna, bioretencija, kišnih vrtova, zatravljenih jaraka itd. Takvi se elementi mogu primjenjivati kako unutar postojećih tako i unutar novoizgrađenih sustava odvodnje, pojedinačno ili u obliku niza elemenata. U sljedećoj tablici vidljivi su primjeri SUDS komponenti ovisno o načinu upravljanja vodom.

NAČIN UPRAVLJANJA VODOM	PRIMJER SUDS KOMPONENTI
kontrola izvora	propusne prometne površine, zeleni krovovi
provodni kanali	propusni kanali, zatravljeni jarci
filtracija	filtrarski pojasevi, bioretencije, jarci
infiltracija	infiltracijski jarci, kišni vrtovi, infiltracijski spremnici
zadržavanje	retencijske i akumulacijske lagune
pročišćavanje	zatravljeni taložnici, biljni uređaji, bioretencije
kontrola, upuštanje, ispuštanje	umirujućci bazeni, brzotoci, preljevi, perforirane cijevi

Tablica 1. Grupe elemenata i pristup upravljanja oborinskim vodama u održivim sustavima urbane odvodnje (SUDS)

Integralnim pristupom rješavanja odvodnje oborinskih i površinskih voda smatraju se sve intervencije na postojećem urbanom području koje:

- i. smanjuju otjecanje i vršne protoke koji opterećuju postojeći sustav odvodnje
- ii. smanjuju opterećenja i zagađenja konačnih prijemnika
- iii. smanjuju ekonomske izdatke pri izgradnji i održavanju sustava
- iv. utječu na poboljšanje uvjeta cijelog ekosustava pojedinog grada
- v. utječu na poboljšanje života ljudi na prostoru grada



Slika 12. Usporedba tradicionalnog i integralnog pristupa

U nastavku će se detaljnije objasniti samo neki od načina upravljanja vodom, primjeri SUDS komponenti (u vidu pojedinačnih elemenata, ali i obzirom na mjesto primjene istih), kao i prednosti samog integralnog pristupa.

4.2.1. Cestovna mreža i zelene površine (parkovi, rekreativni i ostali otvoreni prostori)

U otvorenim gradskim prostorima višestruke su mogućnosti za efikasno upravljanje i zbrinjavanje oborinskih voda:

- i. pojas cesta i parkirališta (uključujući one s većim zelenim površinama i na kružnim tokovima, kao i one s manjim i povremenim pojavama zelenila pored njih)
- ii. zelene površine, parkovi i ostali otvoreni prostori (tu svaki otvoreni prostor predstavlja mogućnost za zbrinjavanje površinskih voda)
- iii. razne druge razine slobodnog prostora

Zelene površine

U kontekstu integralne odvodnje oborinskih voda, zelene površine u urbaniziranim sredinama imaju izrazitu funkciju kao zeleni dio oborinske infrastrukture. Upravo su one neizostavni dio sustava odvodnje i imaju dvije bitne uloge:

- i. smanjenje otjecanja oborinskih voda povećanjem infiltracije u podzemlje na točnom mjestu nastajanja
- ii. usporavanje samog otjecanja oborinskih voda u kanalizacijski sustav ili recipijent ratencioniranjem

Tehnike krajobraznog uređenja zelenih površina kojima se povećava infiltracija u podzemlje i smanjuje količina oborinskih voda koje se zbrinjavaju u kanalskoj mreži su infiltracijski kanali, infiltracijske žardinijere, infiltracijski kišni vrtovi ili bioretencije. A, tehnike kojima se retencionira su zeleni kanali i kišni vrtovi odnosno bioretencije s drenažnim sustavom.

Parkovne zaštitne zelene površine su površine s najvećim mogućnostima zbrinjavanja oborinskih voda po integralnom pristupu obzirom na tip prirodne strukturiranosti, ali nikako nisu jedine.

U parkovima, na rekreativnim i ostalim otvorenim površinama prisutan je velik potencijal za integraciju zbrinjavanja oborinskih voda s ostalim sadržajima unutar krajolika. Iako, bitno je voditi računa da integracija unutar javnih prostora ne ugrožava njegovu prvobitnu funkciju ili korisnost. Integracija sustava odvodnje oborinskih voda unutar otvorenih površina nudi višestruke mogućnosti:

- i. uključivanje bioretencija, sustava trakaste vegetacije s funkcijama filtera i širokih zelenih jaraka u otvorene prostore kao sastavnica krajobraznog plana
- ii. izvođenje i uključivanje infiltracijskih ili filtracijskih sustava (objekata) ispod piknik zona, igrališta, parking površina i sl.

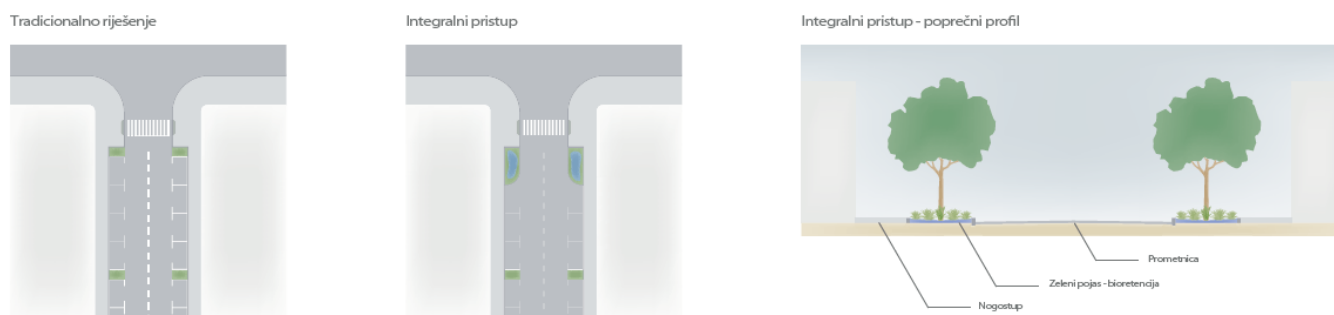
Cestovna mreža

Cestovna mreža osmišljena je na način da riješi prijevoz i kretanje vozila, ali i potrebe njihovog mirovanja na uređenim parking površinama. Uz navedeno, cestovna mreža predstavlja i potencijalnu mogućnost za razvoj tzv. LID (Low Impact Development) sustava zbrinjavanja oborinskih voda. LID sustavi temelje se na principu malih intervencija u prostoru kojima se hidrološke karakteristike (ponajprije propusnost podloge) približavaju prirodnom stanju. Na taj se način mogu kvalitetno minimizirati problemi i ekološki skladno riješiti otjecanje (infiltriranje) oborinskih voda u podzemlje.

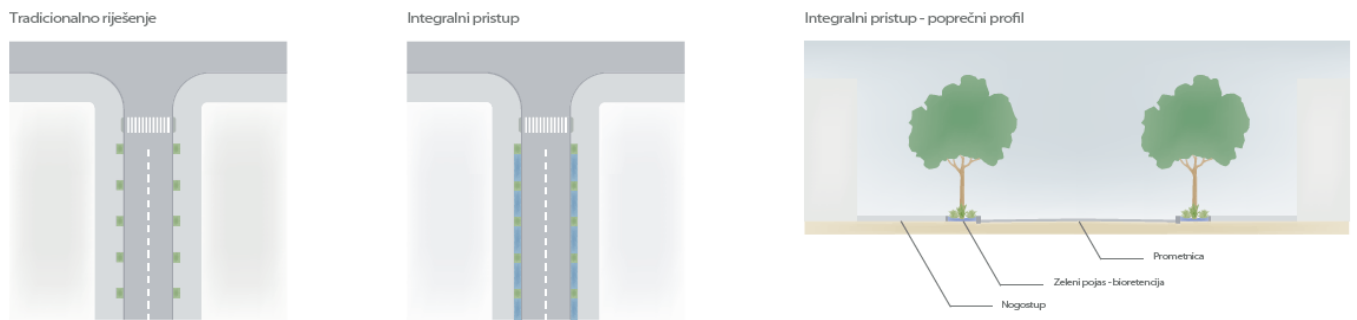
Takve mogućnosti uključuju:

1. U pojasu prometnice i oko nje ugradnju
 - i. bioretencija
 - ii. drenažnih kanala i rovova (uključujući: ceste s većim zelenim površinama, bile jednostrane, obostrane ili po sredini ceste; kružne tokove; ceste s manjim i povremenim pojavama zelenila pored njih; ceste koje nemaju zelenila u neposrednom pojasu, ali imaju prostora u uzdužnom ili poprečnom profilu...)
 - iii. u vidu propusnih kolničkih zastora raznih profila i tipova
 - iv. slivnika s drenažnim sustavom ili propusnih zastora kolnika na cestama, stazama, parking površinama i sl.
2. Parking površine uključuju primjenu travnih rešetki s visokom propusnom moći, ali i višeslojne mogućnosti uređenja zelenih struktura u funkciji bioretencija s racionalnim dizajniranjem parkirališta
3. Smanjivanje neracionalnih i beskorisnih površina novim, inovativnim dizajnom cestovne mreže s parkinzima uključujući točkaste, trakaste i linearne sustave zelenila za integralno zbrinjavanje oborinskih voda

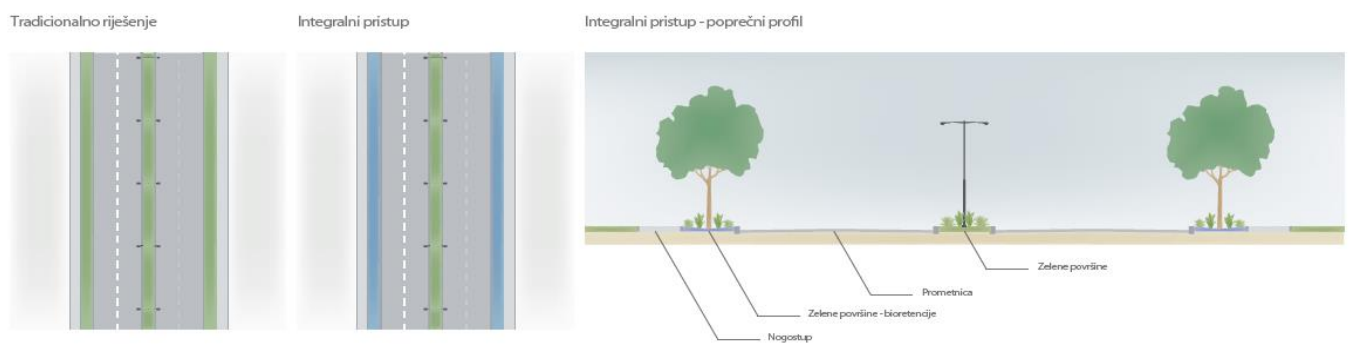
Kroz sljedećih nekoliko slika vidljiva je razlika rješenja integralnog i tradicionalnog pristupa odvodnji oborinske vode u pojasu prometnice ili oko nje.



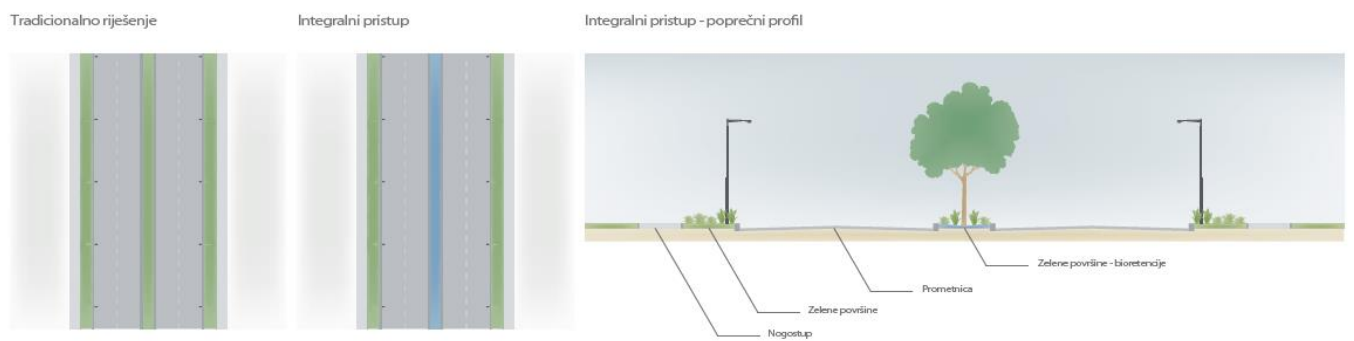
Slika 13. Površina u sklopu ulice (1)



Slika 14. Površina u sklopu ulice (2)



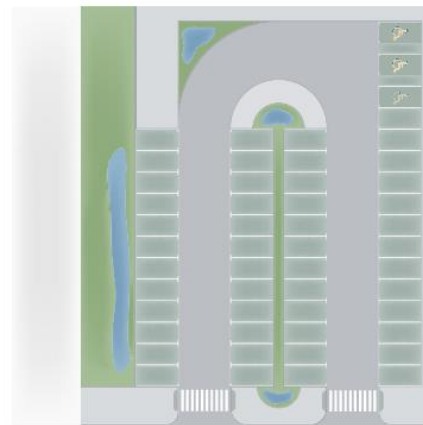
Slika 15. Prometnica (1)



Slika 16. Prometnica (2)

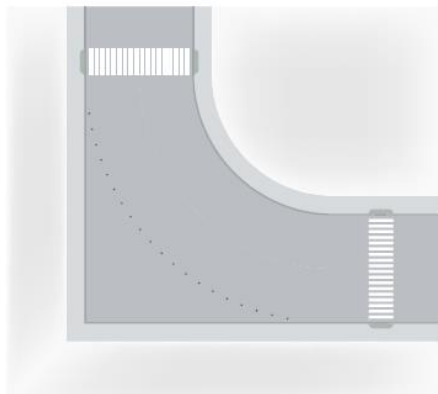


Tradicionalno rješenje

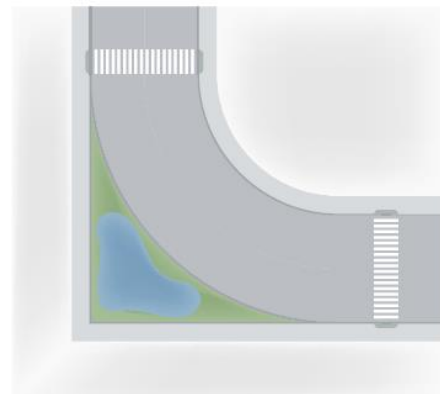


Integralni pristup:
S bioretencijom, drenažnim kanalima
i rovovima te s urednim površinama.
Podne površine parkinga od
propusnih struktura.

Slika 17. Parkiralište

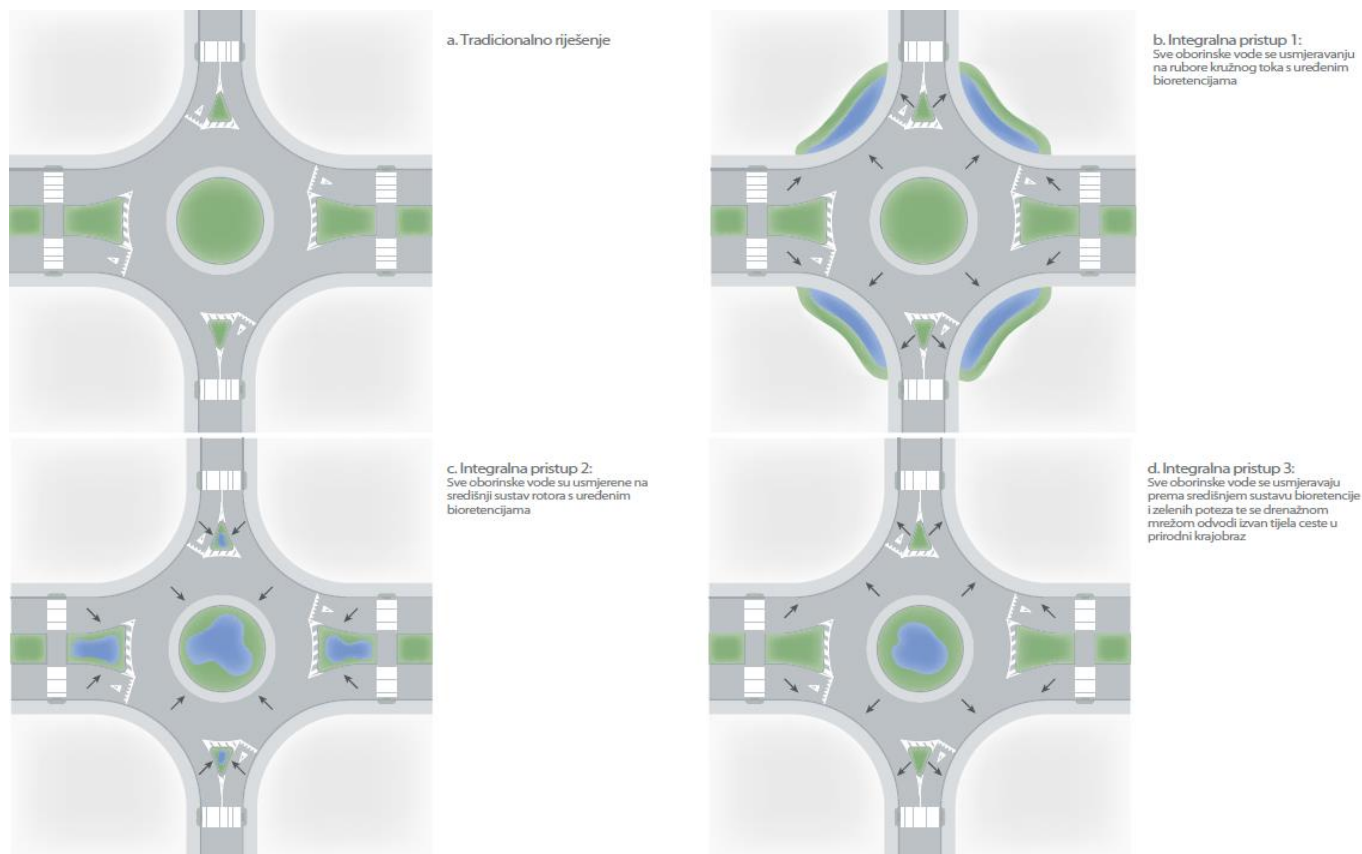


Tradicionalno rješenje



Integralni pristup:
S uredenom bioretencijom

Slika 18. Posebna situacija – zavoј s pravokutnom formom



Slika 19. Prometnica – kružni tok

4.2.2. Pročišćivanje

Klasični i integralni koncept razlikuju se i u odnosu na zaštitu voda. Površinske urbane vode nisu čiste već sadrže cijeli niz štetnih tvari, od bakterija do metala. Zato ih je prije ispuštanja u okoliš nužno pročititi. Kod klasičnog rješenja to se radi tako da se prve najzagađenije vode odvede na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda i takvo pročišćavanje je mehaničko. Kod integralnog načina pročišćavanje vode je cjelovito prirodno, biološko, kemijsko i fizikalno. Pri tome se događa niz fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa pa je rezultat znatno bolji.

Fitoremedijacija je zaslužna za saniranje onečišćenog tla, zraka i vode koristeći biljke koje zadržavaju, eliminiraju ili razgrađuju onečišćivače. Fitostabilizacija služi za preuzimanje onečišćivača iz zemlje putem apsorpcije ili akumulacije u zoni korijena. Fitodegradacija metabolički razgrađuje onečišćivače na jednostavnije elemente ili molekule. Fitoekstrakcija posredstvom biljaka uklanja onečišćivače iz zemlje, vode i sedimenata. Fitodisperzija asimilira onečišćivače i otpušta ih u atmosferu putem transpiracije.

U sljedećoj je tablici vidljiva učinkovitost pročišćivanja oborinskih voda.

suspendirane čestice	97%
fosfor	35 – 65%
dušik	33 – 66%
bakar	36 – 93%
olovo	24 – 99%

cink	31 – 99%
masti i ulja	99%
bakterije	70%

Tablica 2. Učinkovitost pročišćivanja (*Environmental Services Division, Department of Environmental Resources 2007*)

Uz te procese sama filtracija u tlu doprinosi zadržavanju i razgradnji onečišćenja čime se u konačnici smanjuje onečišćenje podzemnih voda.

4.2.3. Propusni pločnici

Propusni pločnici varijanta su opločenja završne podne konstrukcije u odnosu na tradicionalni kolnik koji koristi pretežno nepropusne materijale. Projektiraju se kako bi se oborinska voda mogla procijediti kroz površinu, bilo u popodložne slojeve tla ili da ju se nakon procjeđivanja ispod površine kontrolirano ispusti u kanalsku mrežu. Površina kolnika na principu pohrane površinske vode u podzemlje infiltracijom, može biti od propusnog asfalta, propusnog betona ili betonske galanterije, travne rešetke od plastičnog materijala za parkirališta i vatrogasne puteve te za pješačke kolnike. Otvori u propusnim sustavima betonski opločnika, rešetaka i travnih ploča od plastike uglavnom se ispunjavaju rizlom, pijeskom složenom zemljom za travni pokrov i slično.



Slika 20. Propusna površina

4.2.4. Zeleni krovovi

Prema novoj arhitekturi – zelenu površinu koju smo "izgubili" gradnjom kuće treba nadomjestiti na krovu.

Zeleni krovovi su višeslojni sustavi koji pokrivaju krovove kuća i zgrada različitom vegetacijom. Može ih se definirati i kao svaki otvoreni biljem zasijan prostor od tla odvojen građevinskom strukturom.

Zeleni krovovi izgrađuju se sa slojevima koji omogućuju rast biljaka, ali i zaštitu ostalih slojeva krova. Debljina samog sloja ovisi o vrsti biljaka. Kod ovakvih krovova bitno je posvetiti pažnju odabiru sloja za zaštitu hidroizolacije od korijena biljaka. U slojevima zelenih

krovova potrebno je predvidjeti drenažni sloj koji će odvoditi prekomjernu količinu vode, ali i sloj koji će zadržavati vlagu tijekom sušnih dana. Ispravno projektirani zeleni krovovi opremljeni su i sustavom za dovod vode, kako bi se navodnjavanjem ostvarila zahtjevana vlaga za rast biljaka. Voda koja se koristi za te namjene je voda koja se skupila u lokalnoj retenciji za vrijeme kišnog perioda.

Nažalost, često se događa da projektirani i izvedeni zeleni krovovi zbog nebrige i neodržavanja djeluju otužno i narušavaju cjelokupnu sliku građevine.



Slika 21. (lijevo) Zeleni krov u tradicionalnoj gradnji i Slika 22. (desno) Zeleni krovovi u modernoj gradnji

Postoje dvije vrste zelenih krovova – ekstenzivni i (jednostavni) intenzivni.

Ekstenzivni krovni vrt je krovni vrt ozelenjen biljkama koje dobro podnose ekstremne uvjete na krovu bez nekog posebnog održavanja. Debljina supstrata ovisno o biljkama i drenažno akumulacijskom sloju iznosi 4 – 12cm. Predviđena je sadnja sukulenata, livadnog bilja i mahovina.

Jednostavni intenzivni krovni vrt je krovni vrt zasađen trajnicama, začinskim i livadnim biljem, kao i niskim pokrivačima tla koji uspijevaju u plodnom supstratu debljine 12 – 20cm. Zahtjevi za zalijevanjem, održavanjem i prihranjivanjem su umjereni.

Intenzivni krovni vrt je projektirani krovni vrt koji u debljini supstrata većeg od 20 cm omogućava sadnju raznolikog bilja. Travnjaci, trajnice i ljetnice, grmlje i drveće u pravilu zahtijevaju redovno navodnjavanje, održavanje i prihranu. Ovakvi krovni vrtovi namijenjeni su korištenju u svrhu rekreacije, odmora, uzgoja povrća i slično.

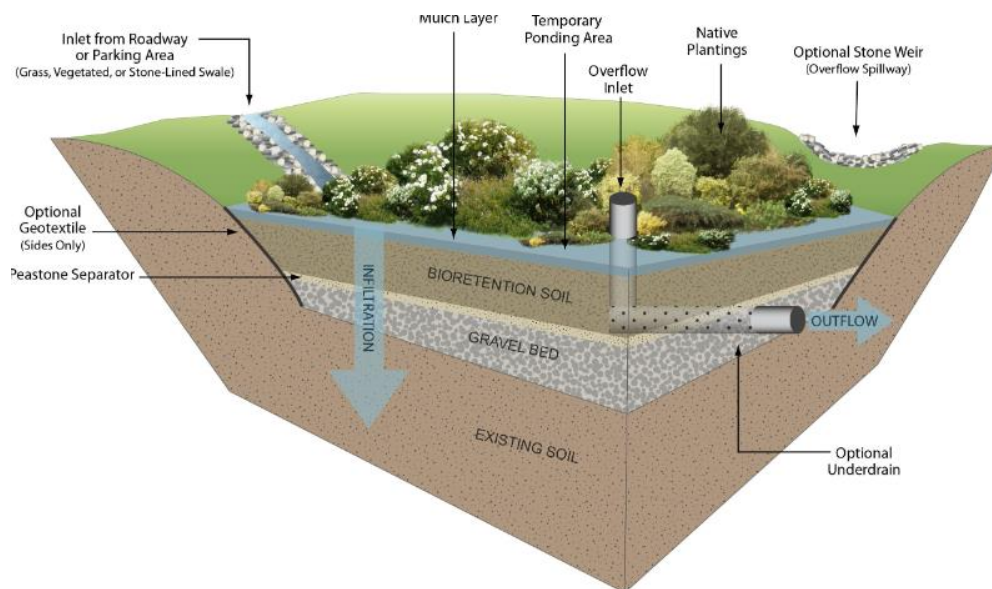
Osim što imaju hidrološku funkciju zadržavanja oborinskih voda i smanjivanja koeficijenta otjecanja, a time i smanjivanja opasnosti od urbanih poplava, zeleni krovovi imaju dodatne prednosti za gradsku sredinu. Oni pročišćavaju zrak od smoga, apsorbiraju prašinu i štetne plinove, uključujući CO₂ (1 m² krovnog vrta godišnje profiltrira i do 20 dkg prašine i otpadnih tvari), povećavaju zaštitu od zračne buke, izjednačavaju klimatske vrijednosti prostora ispod ozelenjenog krova s prostorijama u prizemlju objekta, omogućuju uzgoj hrane itd.

4.2.5. Bioretencije, kišni vrtovi

Bioretencije i kišni vrtovi su kao varijacija plitko iskopane površine, ozelenjene depresije s kompleksnom vrtnom zemljom u čijem sastavu su i komponente za filtraciju onečišćivača s

prometnih površina, te odabrane vegetacije – trave, trajnice, grmlje i stablašice s filterskim svojstvima i karakteristikama otpornosti na prekomjernu vlagu u tlu u dugim razdobljima, kao i izdržljivosti na dugotrajnu sušu.

Područja bioretencija mogu biti integrirane u raznovrsnoj tipološkoj ljestvici krajobraznih područja – od najvećih i složenih do najmanjih i jednostavnih. Uključuju sve tipove zelenih traka u sustavu cesta, sve zelene otoke na kružnim tokovima, parking u svim pojavnim oblicima s raznovrsnim mogućnostima implementacije željenog karaktera krajobraznog uređenja u određeni prostor.



Slika 23. Presjek bioretencije

Kišni vrtovi su uglavnom prirodnije uređeni i manje strukturirani, a sama izgradnja im može biti manje formalna – ne zahtijevaju pretjerano složene inženjerske elemente i više su usmjereni na estetiku. Stoga se češće koriste za upravljanje oborinskim vodama s manje intenzivnih površina kao što su vrtovi i manji parkovi.



Slika 24. Kišni vrt

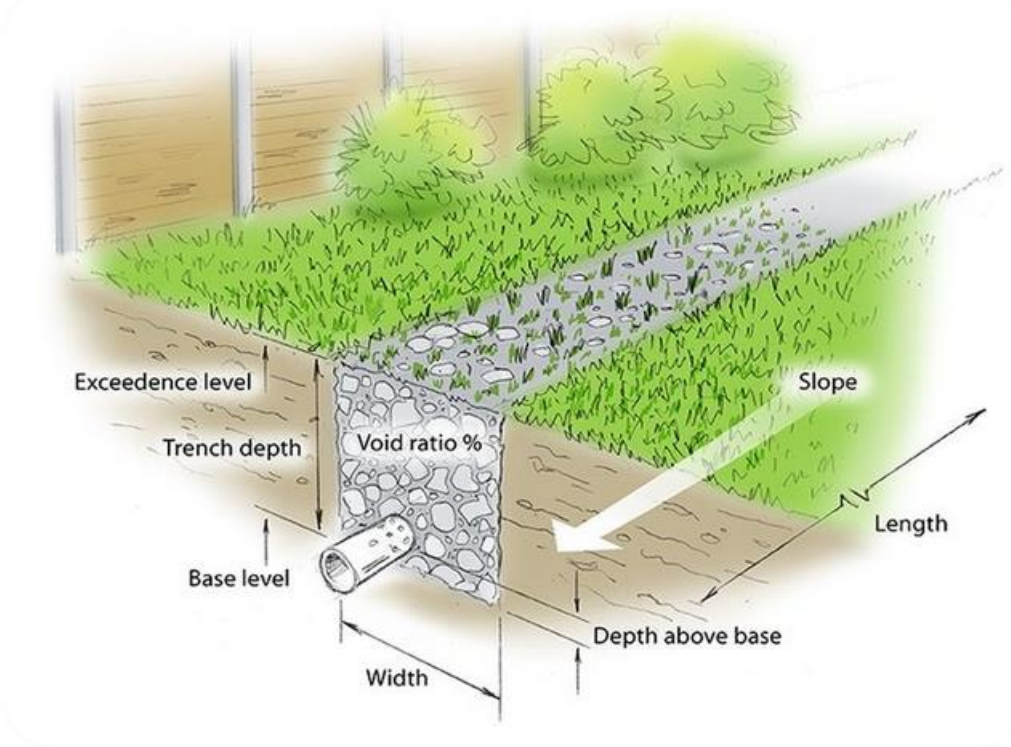
I za bioretencije i za kišne vrtove, vrijeme zadržavanja, debljina slojeva, izbor biljaka i način ispuštanja rješavaju se posebno za svaki slučaj i ovisе o mogućnostima na terenu.

4.2.6. Drenažni jarci

Drenažni rovovi odnose se na infiltracijske jarke, drenažne blokove, galerije. Budući da su građeni ispod razine poda, na površini zauzimaju jako malo mjesta ili se uopće ne nalaze na njoj.

Mogu biti ugrađeni u širokom spektru namjene površina – stambena dvorišta, parkirališta, šetališta, pješački trгови, parkovi, sportski tereni...

Linearni infiltracijski jarci mogu biti projektirani tako da se ugrađuju ispod granuliranih podnih površina. Otjecanja iz susjednih naseljenih sustava mogu biti usmjerena na infiltracijske jarke u slobodno krajobrazno okruženje. Drenažne jarke ili rovove moguće je, u novo planirane urbane zone, ugraditi u sustav sporednih ulica. Otjecanje s krovova građevina usmjerava se na sporedne ulice koje mogu biti opremljene ili na rubovima s zelenim trakastim sustavom ili s podzemnim drenažnim blokovima. Osim toga, mogu biti ugrađeni i u okvirima privatnih okućnica, ispod travnjaka, vrta, povrtnjaka i sl.



Slika 25. Presjek infiltracijskog jarka

4.2.7. Ostala rješenja

Zeleni koncept skupljanja, odvodnje i pročišćavanja oborinskih voda konstantno se razvija, a ovisno o značajkama klime, tla, konfiguracije terena, vodnih resursa i urbanizacije, kombiniraju se različita rješenja korisna za cilj.

Koje god rješenje se odluči primijeniti, cilj je uvijek isti: usporiti kretanje vodnog vala zadržavanjem vode u prostoru, a površini i ispod površine terena, te infiltrirati što veće količine vode u lokalne vodonosnike i na taj način osigurati održivost i istovremeno smanjenje površinskih voda.

Zbog toga nema nužnih, općih pravila i smjernica koje se moraju slijediti, već se stalno razvijaju nova rješenja pogodna za određena područja.

Konačni rezultat integralnog koncepta je odvodnja oborinskih voda bez kanala, cijevi i ostalih građevina kao kod klasičnog rješenja. Po potrebi je moguće kombinirati integralni s klasičnim sustavom, ako je isto isplativo i održivo.

4.3. Primjeri primjene integralnih mjera u gradovima svijeta i Hrvatske

Održivi sustavi urbane odvodnje oborinskih voda u kombinaciji s konvencionalnim sustavima pružaju integralna rješenja koja je moguće uklopiti u specifične potrebe svakog grada. Programi koji promoviraju implementiranje održivih sustava urbane odvodnje i zelene infrastrukture uvode se u gradovima s različitim socio – ekonomskim i lokalnim prilikama, bilo to za smanjivanje utjecaja poplava ili i u okviru dodatnih dobrobiti zaštite okoliša i poboljšanja uvjeta života stanovnika. Neki od primjera primjena integralne odvodnje u gradovima Europe, Azije, Amerike i Hrvatske ukratko su prikazani u nastavku.

Singapur

Singapur je početkom novog tisućljeća uveo novi održivi pristup upravljanju urbanim vodama. U sklopu njega je 2007. godine uveden projekt "ABC voda" (engl. Active, Beautiful, Clean Waters) od strane državne agencije za vode s vizijom razvoja Singapura kao "grada unutar parka".

Povećan je udio zelenih površina, uvedeni su objekti poput kišnih vrtova, bioretencija i močvara s ciljem ublažavanja rizika od poplava i poboljšanja kvalitete vode. Projekt se razvio unutar uspješnog javno – privatnog partnerstva, a uvedeni su i posebni propisi za njegovu kvalitetnu provedbu što je rezultiralo značajnom uključenosti svih zainteresiranih sudionika.

Područja izložena poplavama u periodu od 1989. do 2011. smanjena su s 629 ha na 56 ha, a identificirano je i 100 potencijalnih lokacija za implementaciju zelene i održive infrastrukture do 2030. godine.

Sam program je otvorio velike poslovne prilike i mogućnosti dodatnih investicija u održiviju infrastrukturu te je Singapur takvim pristupom danas svjetski predvodnik uspješne primjene održivih integralnih zelenih rješenja.

Kina

Početak 2000-ih u Kini je poplavama bilo pogođeno više od 120 milijuna ljudi u 200 različitih gradova s godišnjim gubitcima većim od 15 milijuna dolara. Zbog toga 2015. godine kineska vlada pokreće projekt na nacionalnoj razini pod nazivom "Grad spužva" (engl. "Sponge City"). Provodi se u 30 pilot gradova, uključujući Peking, Shanzen, Wuhan i Jiunan. U svaki grad uloženo je prosječno milijardu dolara s dugoročnim ciljem preoblikovanja oko 80% urbanih površina prema principima sličnim održivom upravljanju urbanim oborinskim voda kako bi se povećali "upijajući" kapaciteti gradova. U ljeto 2016. godine došlo je do plavljenja većine gradova uključenih u projekt i otkriveni su nedostaci prilikom primjene jednostranih rješenja upravljanja urbanim vodama u gradovima s međusobno različitim hidro – klimatskim prilikama. Završetak projekta predviđa se za 2030. godinu, a njegov se razvoj budno prati jer je riječ o najopsežnijem projektu takve vrste u svijetu.



Slika 26. Prskanje propusne površine ceste tijekom ispitivanja u Qian'anu, testnom gradu spužvi koji je transformiran 2015. godine

Portland

Portland predstavlja najcjelovitiji i najrazvijeniji program primjene integralnog sustava odvodnje i zelene infrastrukture u SDA-u.

Nakon velike poplave koja je 1996. godine pogodila više stotina tisuća stanovnika, Portland je uveo pristup upravljanju rizicima od poplava zajedno s uvođenjem novih rješenja baziranih na zelenoj infrastrukturi.

Unutar grada je pokrenut velik broj projekata i inicijativa koji u sebi sadrže više razina – od uvođenja novih tehnologija i stalnih mjerenja do pripreme novih smjernica, pravilnika i zakona.

"Zelene ulice" (engl. Green Streets) je program uveden 2007. godine, a uključuje uvođenje zelenih objekata na privatnim i javnim površinama sa svrhom poboljšanja kvalitete vode i zadržavanja oborinske vode.

Europa (Škotska, Švedska)

Petogodišnji projekt najvećeg održivog upravljanja vodom u gradu Glasgowu vrijedan preko 4 milijuna eura trenutno je u fazi planiranja. Projekt je nastao kao rezultat dugogodišnjih

istraživanja i suradnje između lokalnih i nacionalnih vlasti, uključujući Škotske vode, Škotsku agenciju za zaštitu okoliša i Gradsko vijeće grada Glasgowa.

Projektom će se nastojati premostiti izazovi prilagodbe klimatski promjenama, upravljanja oborinskom vodom, zaštita od poplava i poboljšanja u kvaliteti vode. Svrha implementacije SUDS-a jest pružiti obradu kvalitete vode i smanjiti površinsku vodu prije samog ispuštanja u prihvatnu mrežu, promovirati upravljanje i razdvajanje površinske vode od odvodnje fekalija, implementirati ribnjake i retencijske bazene i u konačnici u potpunosti integrirati sustav u zahtjeve otvorenih prostora.

1996. godine Švedska pokreće projekt pod nazivom Eko – susjedstvo (Ekostaden) kojim se rimjenom zelenih krovova u okrugu Augustenbork u Malmou smanjuje rizik od poplava, transformira krajolik i uvelike povećava kvaliteta života stanovnika okruga.

Projekt je ostvaren uspješnom suradnjom lokalnih vlasti, stanovnika i ostalih sudionika. Nad sustavom se konstantno provode opažanja, a analize iz 2013. pokazale su da sustav uspješno funkcionira u okvirima postojećih klimatskih uvijeta.

Hrvatska

Odvodnja oborinskih voda u Hrvatskoj se u najvećoj mjeri i dalje oslanja na dosadašnju praksu u okvirima konvencionalnog pristupa s mješovitim sustavima urbane odvodnje.

Iako, na područjima Pule i Zadra razvijaju se projekti s elementima primjene zelene infrastrukture u okvirima integralnog i održivog upravljanja oborinskim vodama.

Grad Pula nosi nadimak prvog hrvatskog "grada spužve" jer u zadnjih desetak godina unutar sustava oborinskih voda sve više uključuje i zelene elemente poput kišnih vrtova, infiltracijskih jaraka, retencijskih laguna, podzemnih retencija i sl., s nastojanjem poboljšanja upravljanja oborinskim vodama. Veliki dio rješenja već je u funkciji s pozitivnim rezultatima.

2021. godine grad Zadar donosi *Akcijski plan provedbe prirodnih rješenja u prilagodbi klimatskim promjenama* kojim se između ostalog priprema projekt odvodnje oborinskih voda na području Starog i Novog Bokanjca s korištenjem većeg broja zelenih infrastrukturnih objekata.



Slika 27. Primjena "zelenih" tehničkih rješenja – Grad Pula, kružni tok Šijana

4.4. Mogućnost implementacije integralnih mjera u Dubrovniku

Odvodnja otpadnih voda sustavom mješovite kanalizacije na daje rezultate jer se vode razlikuju po sastavu i po mjestu nastanka, a ono što vrijedi za sanitarne vode "as soon as possible", nikako ne može vrijediti za oborinske vode, gdje bi trend odvodnje trebao biti u skladu s novim načelom "Slow the flow".

Zbog toga je prije implementacije integralnih mjera potrebno odvojiti sanitarnu od oborinske odvodnje. Nasreću, područje gradskog naselja Dubrovnik ima razdjelni sustav odvodnje.

Potencijali implementacije zelene infrastrukture u izgrađenom gradskom području nisu zanemarivi i odnose se na sve neizgrađene, neuređene i zapuštene površine, parkinge, sve razdjelne otoke u ulicama gdje se mogu primijeniti te tehnike, parkove, trgove, šetališta, privatne parcele, površine namijenje za sport i rekreaciju i sva otvorena područja grada.

U nastavku će se dati prijedlozi nekih lokacija na kojima bi bilo moguće u gradsku infrastrukturu uvesti "zelene" elemente s ciljem smanjivanja rizika od urbanih poplava. Uz pojedine lokacije navest će se i naziv sliva sa Slike 4. kojem pripadaju.

Parkirališta

i. parkiralište Opće bolnice Dubrovnik – sliv Lapad

Ovu lokacija bi se mogla prenamijeniti u podzemnu garažu čime bi se čak povećao broj parkirnih mjesta u odnosu na sadašnje stanje, a na prostoru postojećeg parkirališta formirao bi se park. Uklanjanjem asfaltirane parkirne površine i izgradnjom zelene površine povećala bi se propusnost tla čime se izravno utječe na smanjenje rizika od poplava.

Ovaj je prijedlog preuzet iz *Plana prilagodbe klimatskim promjenama grada Dubrovnika* (DURA) napisanog u okviru projekta iDEAL.



Slika 28. Postojeće parkiralište Opće bolnice

ii. parkiralište na Ilinoj glavici – sliv Šipčine

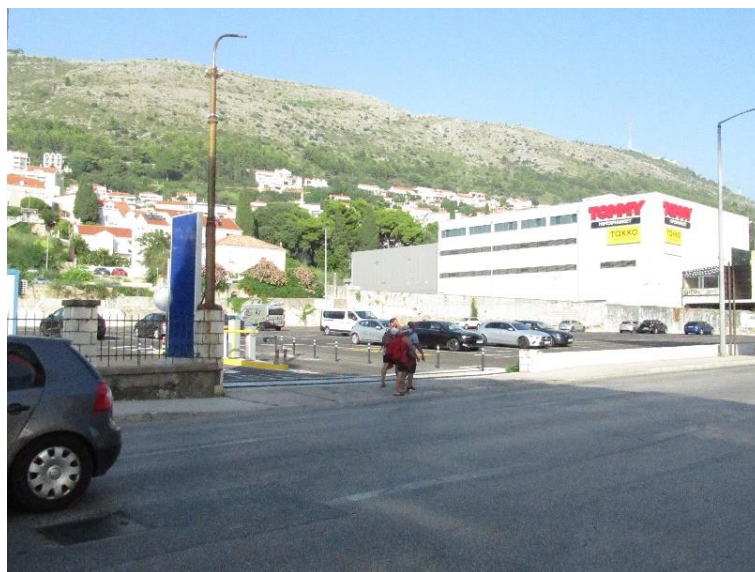
9 000m² velika površina kolokvijalnog naziva Mijović šuma na kojoj se ove godine pečelo s izvedbom. Parkiralište je djelomično dovršeno i otvoreno na korištenje. Osim što je ova parkirna površina od velikog značaja za promet u gradu Dubrovniku, naročito u ljetnim vremenima, za taj dio grada predstavlja najveći potencijal za implementaciju "zelene" infrastrukture. Na parkiralištu i uz njega moguće je postaviti

drenažne (infiltracijske) zelene površine, a propusne pločnike moguće je izvesti na kolničkim površinama.



Slika 29. Djelomično dovršeno parkiralište "Mijović šuma"

- iii. parkiralište uz Ulicu grada Vukovara – sliv Šipčine
 Novoizgrađeno parkiralište u Dubrovniku otvoreno ove godine nalazi se u Gružu, u blizini poslovne zone, uz Vukovarsku ulicu. Parkiralište je od svoje izvedbe pod povećalom budući da nije izvedeno u skladu sa smjernicama GUP-a: najmanje 30% površine građevne čestice mora biti uređeno kao parkovni nasad i zelenilo; uz svako novo parkiralište potrebno je urediti drvored; a, ukoliko se na parkiralištu omogućava smještaj 5 ili više vozila oborinsku odvodnju potrebno je riješiti putem separatora masti/ulja. Na slici je vidljivo da zahtjevi glede hortikulture nisu zadovoljeni, a pretpostavlja se da ni odvodnja oborinske vode nije izvedena prema propisima.



Slika 30. Novoizvedeno parkiralište u Gružu

"Zeleni" elementi koji bi se mogli postaviti na prikazanoj lokaciji, a povoljno bi utjecali na rasterećenje tradicionalne kanalske mreže, su drenažni kanali i rovovi, te

neka varijanta propusnog pločnika (porozni asfalt, porozna betonska galanterija). Uz rubove parkirališta mogle bi se izvesti i bioretencije koje bi se mogle doprinjeti vizuri parkirališta.

iv. parkiralište u Ulici iza grada – sliv Ploče

Još jedna površina koja se koristi za promet u mirovanju i iz prometnog gledišta vrlo je značajna za Dubrovnik. Parkiralište koje se nalazi sa sjeverne strane ulaza u Staru gradsku jezgru. Zapravo je riječ od dvije parkirne površine ("Buža" i "Ispod žičare") podijeljene Ulicom iza grada. Uz rubove postojećeg parkinga postoje zasađene površine koje bi se mogle pretvoriti u bioretencije, a za podnu konstrukciju može se izvesti propusni pločnik. Tako bi se značajno povećala infiltracija vode i rasteretila ulica uz parkirnu površinu koja je za velikih kiša često poplavljena.



Slika 31. Parkiralište "Buža" uz gradske zidine

Parkovi

Oba se navedena parka nalaze na djelovima grada koji su rizični glede urbanih poplava prilikom većih oborina, a kao velike zelene površine namjenjene odmoru i rekreaciji, idealne su da se izvedu kao bioretencije. Uvođenje integralne odvodnje na te lokacije bio bi dobar potez jer su prometnice uz same parkove za vrijeme urbanih poplava pod velikim pritiskom oborinske vode koja se s viših djelova grada spušta prema obali i narušava mogućnost normalnog odvijanja prometa. Uz pravilan odabir vegetacije i debljinu slojeva tih ozelenjenih područja, bez da se naruši funkcija i vizura parka može se postići velika korist i rasterećenje postojeće oborinske kanalske mreže.

- i. park uz ulice Nikola Tesla i Lapadska obala – sliv Batala



Slika 32. Park na Batali ('Park branitelja')

- ii. park uz ulicu Obala Stjepana Radića – sliv Gruž



Slika 33. Park u Gružu

Kružni tokovi i otoci

Na gradskim kružnim tokovima i otocima moguće je implementirati integralne mjere oborinske odvodnje u vidu bioretencija i, ako je riječ o manjim površinama, kišnih vrtova.

Svakom kružnom toku, otoku i drugoj zelenoj površini uz prometnicu potrebno je pristupiti posebno. Ovisno o konfiguraciji prostora, oborinske vode moguće je usmjeravati na srednji sustav rotora s uređenim bioretencijama ili na rubove kružnog toka s uređenim bioretencijama. Nakon usmjeravanja vode na bioretencije i zelene poteze, vodu drenažnom mrežom usmjeravamo izvan tijela ceste u okolni, prirodni krajobraz.



Slika 34. (lijevo) Otoci na slivu Batala i Slika 35. (desno) Otoci na slivu Šipčine



Slika 36. Otok na slivu Gruž



Slika 37. Kružni tok na slivu Gruž



Slika 38. Kružni tok na slivu Lapad

Zeleni krovovi

Brojne stambene i poslovne zgrade čija konfiguracija krova to dozvoljava, mjesta su na kojima bi se mogli projektirati krovni vrtovi.

Hoteli i tržni centri bi projektiranjem intenzivnog krovnog vrta, uz sve benefite koji on donosi glede odvodnje, dobili dodatan prostor za rekreaciju i odmor.

4.5. Usporedba integralnog i konvencionalnog pristupa upravljanja oborinskim vodama i benefiti "zelene" infrastrukture

Kada je riječ o prednostima koje donosi uvođenje integralnog pristupa odvodnje oborinskih voda u prvi plan postavlja se smanjenje rizika od urbanih poplava i rasterećenje postojeće kanalske mreže. Međutim, to nisu jedini pozitivni čimbenici koji se ostavruju uvođenjem elemenata "zelene" infrastrukture. Brojne dobrobiti za okoliš i zdravlje stanovništva, te pozitivni ekonomski i društveni aspekti dodatna su potvrda za primjenu integralnog pristupa.

Iz ekološkog aspekta, prednosti su raznolike i vrijedne; osigurava se smanjenje buke, pročišćavanje i upravljanje vodama, zaštita od vjetra, filtriranje i poboljšanje kvalitete zraka, suzbijanje i stabilizacija erozije tla, smanjenje temperatura u urbanim sredinama i zaštita od Sunčevog zračenja pružanjem sjene od vegetacije, očuvanje biološke raznolikosti putem stvaranja mreža vodenih i zelenih površina.

U ekonomskom smislu, prednosti obuhvaćaju smanjenje brojnih troškova koji mogu uključivati troškove pročišćavanja vode, kanalizacije, održavanja elemenata mreže, uklanjanje onečišćenja zraka, te doprinos uštedi energije.

Ne manje bitne su i društvene prednosti koje se odnose na poboljšanje i mentalnog i tjelesnog zdravlja ljudi – smanjenje psihološkog stresa, kao i bolesti uzrokovanih onečišćenjem zraka. "Zelenom" se infrastrukturom omogućuje zdraviji i održiviji stil življenja, a njezino prisustvo pozitivno utječe i na kulturni aspekt kroz obrazovanje i veće sudjelovanje javnosti u održivom načinu života.

PROMATRANI PARAMETAR	KONVENCIONALNI PRISTUP	INTEGRALNI PRISTUP
Načelo odvodnje	"As soon as possible"	"Slow the flow"
Nepropusne površine	Izvedene da što prije ovedu vodu s površine	Svedene na minimum radi smanjenja negativnog utjecaja na hidrološki režim
Vegetacija	Smanjena radi što bržeg uklanjanja vode s površine	Povećana radi ostvarenja hidrološkog režima kakav je bio prije urbanizacije
Poniranje vode u podzemlje	Smanjeno radi korištenja cijevnog sustava odvodnje	Nastoji se održati poniranje vode kakvo je bilo prije urbanizacije
Kvaliteta vode	Fokus je na brzom prijenosu vode, što umanjuje vrijeme za prirodnu filtraciju i rezultira većim zagađenjem	Zbog omogućene bolje filtracije oborinskih voda kroz tlo i biljke, kvaliteta vode koja dopijeva u prirodne vodne resurse je poboljšana
Održivost	Manje održiv; ne koriste se prirodni procesi za obradu vode – zahtjeva velike količine energije	Promiče održivost; koristi prirodne ekosustave i smanjuje potrebu za transport i obradu vode

Tablica 3. Usporedba "sivih" i "zelenih" rješenja

5. Zaključak

Iako su konvencionalni sustavi urbane odvodnje (tzv. "siva" rješenja) nezamjenjivi u mnogim situacijama i predstavljaju temeljnu komponentu upravljanja poplavnim rizicima, dodatno uvođenje "zelenih" elemenata predstavlja integralni pristup urbanoj odvodnji i na fleksibilan način nadopunjava nedostatke tradicionalnih sustava.

Sve urbane sredine imaju manje ili više razvijen sustav odvodnje oborinskih voda koji će se u budućnosti postepeno "ozelenjavati". Tako i grad Dubrovnik ima mnogo lokacija na kojima je moguće primijeniti "zelenu" infrastrukturu i na taj način ne samo riješiti problem urbanih poplava, već i poboljšati kvalitetu života čovjeka u Gradu.

U nastavku je prikazana rekapitulacija poglavlja 4.4. u kojem su dane specifične lokacije za potencijalnu implementaciju mjera "zelene" infrastrukture.

MJERA "ZELENE" INFRASTRUKTURE	LOKACIJA U GRADU DUBROVNIKU
podzemna garaža s infiltracijskom zelenom površinom na mjestu sadašnjeg nepropusnog asfalta	parkiralište Opće bolnice Dubrovnik – sliv Lapad
infiltracijske zelene površine uz rubove kolnika i propusne kolničke površine	parkiralište "Mijović šuma" na Ilinoj glavici – sliv Šipčine
drenažni kanali i rovovi, propusni pločnik, te bioretencije/kišni vrt uz rubove parkirališta	parkiralište uz Ulicu grada Vukovara – sliv Šipčine
propusni pločnici i bioretencije	parkiralište u Ulici iza grada – sliv Ploče
bioretencije	park uz ulice Nikola Tesla i Lapadska obala – sliv Batała
bioretencije	park uz ulicu Obala Stjepana Radića – sliv Gruž
bioretencije i/ili kišni vrtovi	kružni tokovi i otoci na više gradskih prometinca
zeleni krovovi	hoteli, tržni centri, veće stambene i poslovne zgrade

Tablica 4. Rekapitulacija poglavlja 4.4. (Prijedlog mjere za specifičnu lokaciju)

6. Literatura

- i. [Dubrovnik – Wikipedija \(wikipedia.org\)](#)
- ii. Hidroprojekt – Ing d.o.o.; Studija: Sustav oborinske odvodnje Grada Dubrovnika
- iii. Skripta za predavanja: Opskrba vodom i odvodnja 1; GFZG
- iv. [Sluzbeni Glasnik 5 23 GUP.pdf \(dubrovnik.hr\)](#)
- v. [Sluzbeni glasnik 08 21.pdf \(dubrovnik.hr\)](#)
- vi. [Sluzbeni Glasnik 5 23 PPU.pdf \(dubrovnik.hr\)](#)
- vii. [Climate-Adaptation-Plan HRV DURA finalno.pdf](#)
- viii. [STRATEŠKI PLAN GRADA DUBROVNIKA 2018. – 2020. godine.pdf](#)
- ix. https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/Zavod/dokumenti/9_3MDK_POTOCKI_Gradovi_spuzva_e.pdf
- x. [\(PDF\) Smanjenje rizika od poplava u urbanim sredinama pomoću integralnih zelenih rješenja \(Reduction of flood risk in urban areas with integral green solutions\) \(researchgate.net\)](#)
- xi. <https://www.telegram.hr/zivot/pula-je-prvi-hrvatski-grad-spuzva-ova-infrastruktura-mora-bitio-strategije-prostornog-planiranja/>
- xii. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#>
- xiii. [Susdrain - The community for sustainable drainage](#)
- xiv. <https://rainman-toolbox.eu/>
- xv. <https://hrcak.srce.hr/file/236563>
- xvi. [\(PDF\) URBANE POPLAVE I MJERE ZA NJIHOVO UBLAŽAVANJE \(researchgate.net\)](#)
- xvii. Penić, H. (2014). *Projekt odvodnje oborinskih voda naselja Brusje - integralni sustav odvodnje : završni rad* (Završni rad). Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:900667>
- xviii. Zlatarek, D. (2014). *Odvodnja oborinskih voda naselja* (Završni rad). Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:763935>
- xix. Penić, H. (2016). *Integralni koncept odvodnje urbanih oborinskih voda u krškim područjima : diplomski rad* (Diplomski rad). Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:668560>
- xx. Karas, L. (2021). *Zelena infrastruktura kao potencijal održivog razvoja* (Završni rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:271642>

Slike

1. [Climate-Adaptation-Plan HRV DURA finalno.pdf](#) (20.07.2023.)
2. Skripta za predavanja: Opskrba vodom i odvodnja 1; GFZG
3. Skripta za predavanja: Opskrba vodom i odvodnja 1; GFZG
4. Hidroprojekt – Ing d.o.o.; Studija: Sustav oborinske odvodnje Grada Dubrovnika
5. Hidroprojekt – Ing d.o.o.; Studija: Sustav oborinske odvodnje Grada Dubrovnika
6. [Poplava na Pločama - YouTube](#) (28.07.2023.)
7. [Google karte](#) (22.07.2023.)
8. [POPLAVE NA GRADSKIM ULICAMA Uslijed obilne kiše poplutaó Gruž, Vojnović kao rijeka, na Pločama slapovi \(FOTO/VIDEO\) - Dubrovački dnevnik \(net.hr\)](#) (22.07.2023.)
9. [POPLAVE NA GRADSKIM ULICAMA Uslijed obilne kiše poplutaó Gruž, Vojnović kao rijeka, na Pločama slapovi \(FOTO/VIDEO\) - Dubrovački dnevnik \(net.hr\)](#) (22.07.2023.)
10. [\(PDF\) URBANE POPLAVE I MJERE ZA NJIHOVO UBLAŽAVANJE \(researchgate.net\)](#)
11. [\(PDF\) URBANE POPLAVE I MJERE ZA NJIHOVO UBLAŽAVANJE \(researchgate.net\)](#)

12. [SuDS \(iridra.eu\)](https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#) (28.07.2023.)
13. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
14. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
15. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
16. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
17. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
18. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
19. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (28.07.2023.)
20. https://rainman-toolbox.eu/upcp_product/infiltrating-pavements-permeable-surfaces-unsealing-2/ (28.07.2023.)
21. [Green roof | At the Norsk Folkemuseum, Bygdøy. | iamos | Flickr](https://www.flickr.com/photos/iamos/202308080000000/) (08.08.2023.)
22. [Zeleni krovovi | Hidroizo](https://www.hidroizo.hr/) (08.08.2023.)
23. meganmanual.geosyntec.com/npsmanual/bioretentionareasandraingardens.aspx (08.08.2023.)
24. meganmanual.geosyntec.com/npsmanual/bioretentionareasandraingardens.aspx (08.08.2023.)
25. [Green Infrastructure | Lafayette, IN - Official Website](https://www.lafayettein.gov/green-infrastructure) (15.08.2023.)
26. [„Gradovi spužva“ u borbi protiv poplava - Što je to? - Vijesti o vremenu \(vrijemadar.hr\)](https://www.vrijemadar.hr/vijesti/gradovi-spuzva-u-borbi-protiv-poplava-sto-je-to-vijesti-o-vremenu) (15.08.2023.)
27. <https://www.scribd.com/document/355344415/01-IDEJNI-KONCEPT-OBORINSKE-ODVODNJE-GRADA-PULE-TEXT-email-pdf#> (15.08.2023.)
28. <https://juzni.hr/50-posto-skuplji-parking-ispred-opce-bolnice-dubrovnik.html> (15.08.2023.)
29. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
30. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
31. <https://www.godubrovnik.com/travel-corner/where-to-park-in-dubrovnik-cheap-parking-spots> (15.08.2023.)
32. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
33. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
34. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
35. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
36. Anđela Prkačin (24.08.2023.)
37. <https://dubrovackidnevnik.net.hr/vijesti/grad/razmatra-se-lokacija-ucinjen-vazan-korak-ka-izgradnji-spomen-obilježja-za-djecu-poginulu-u-domovinskom-ratu> (15.08.2023.)
38. <https://dulist.hr/mare-i-leona-u-diru-s-orlandom-tokic-najvece-promjene-u-prometu-doizvijet-ce-podrucje-oko-grada-i-gruz/642197/#&gid=null&pid=2> (15.08.2023.)