

Idejno rješenje zaštite grada Novigrada od štetnog djelovanja voda primjenom plavo-zelene infrastrukture

Reinić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:616571>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET
U RIJECI

Iva Reinić

**Idejno rješenje zaštite grada Novigrada od štetnog
djelovanja voda primjenom plavo-zelene infrastrukture**

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET
U RIJECI

Sveučilišni diplomski studij
Građevinarstvo Smjer: Urbano
inženjerstvo

Urbani vodni sustavi

Iva Reinić

JMBAG:

0114027024

**Idejno rješenje zaštite grada Novigrada od štetnog
djelovanja voda primjenom plavo-zelene infrastrukture**

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Hidrotehnika

Tema diplomskog rada

**IDEJNO RJEŠENJE ZAŠTITE GRADA NOVIGRADA OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA PRIMJENOM
PLAVO-ZELENE INFRASTRUKTURE
CONCEPT DESIGN FOR FLOOD PROTECTION OF THE CITY OF NOVIGRAD BASED ON BLUE-
GREEN INFRASTRUCTURE**

Kandidatkinja: **IVA REINIĆ**

Kolegij: **URBANI VODNI SUSTAVI**

Diplomski rad broj: **UI-2020-42**

Zadatak:

U diplomskom radu potrebno je predložiti idejno rješenje zaštite Grada Novigrada od štetnog djelovanja voda primjenom plavo-zelene infrastrukture. U tu svrhu, prvo je potrebno analizirati karakteristike predmetnog područja te opisati klimatska i oborinska obilježja. Potom je potrebno provesti analizu pokrova zemljišta za povijesno, postojeće i planirano stanje sliva u Novigradu na kojem su zabilježene najveće štete od poplava. Pomoću SWMM model potrebno je provesti niz hidrološko-hidrauličkih simulacija kako bi se odredili hidrogrami otjecanja oborinskih voda za povijesno, postojeće i planirano stanje izgrađenosti te kako bi se dimenzionirala potrebna plavo-zelena infrastruktura s ciljem zaštite od štetnog djelovanja voda.

Tema rada je uručena: 25. veljače 2020.

Mentor:

doc. dr. sc. Nino Krvavica,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Diplomski rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Iva Reinić

U Rijeci, 8. rujna 2020.

ZAHVALE

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Ninu Krvavici dipl. ing. građ. na velikoj pomoći, savjetima, strpljenju i uloženom vremenu pri izradi ovog rada. Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci tokom studiranja

SAŽETAK

U ovome radu prikazano je idejno rješenje zaštite Grada Novigrada od štetnog djelovanja voda primjenom plavo-zelene infrastrukture. Na početku rada dan je opis područja i planiranih faza urbanizacije područja Grada Novigrada te pregled klimatskih i oborinskih karakteristika. Analizirani su infrastrukturni sustavi grada te je prikazano trenutno stanje kanalizacijskog sustava. U radu je generiran pljusak za projektiranje za područje Grada Novigrada kako bi se dobili realni podaci o oborinama. U QGIS alatu napravljena je analiza pokrova zemljišta, udjela nepropusnih površina uz primjenu CN vrijednosti prema SCS metodi za povijesno, trenutno i buduće stanje izgrađenosti područja. Na temelju hidrološko – hidrauličkih analiza provedenih u SWMM 5.1. programu prikazano je povećanje otjecanja oborinskih voda kao rezultat povećanja nepropusnosti podloge zbog intenzivnije izgrađenosti područja. Stoga je predložen koncept smanjenja otjecanja i zaštite od štetnog djelovanja velikih voda primjenom plavo-zelene infrastrukture prema LID pristupu (zeleni krovovi i infiltracijska retencija – kišni vrt).

Ključne riječi: odvodnja oborinskih voda, pljusak za projektiranje, SCS metoda, LID pristup, hidrološko – hidraulička analiza, SWMM program

ABSTRACT

This paper presents the conceptual design for the flood protection of the City of Novigrad by applying blue-green infrastructure. First a description of the area and planned phases of urbanization of the area of the City of Novigrad is given, as well as an overview of climate and precipitation characteristics. The infrastructural systems of the city are analyzed and the current state of the sewerage system is shown. A design storm was generated for the City of Novigrad to define a more realistic precipitation data. Next, the land cover was analysed using QGIS tools, and the corresponding CN number according to the SCS method was assessed for the past, present and future conditions. Hydrological - hydraulic analyses performed in SWMM 5.1. showed an increase in the precipitation runoff as a result of a higher percentage of impermeability of the area because of an increased urbanisation. Therefore, a concept design was proposed for reducing the precipitation runoff and flood protection by implementing blue-green infrastructure according to the LID approach (green roofs and an infiltration retention - rain garden).

Key words: stormwater drainage system, design storm, SCS method, LID approach, hydrological - hydraulic analysis, SWMM program

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. OPĆENITO O GRADU NOVIGRADU	2
2.1. Osnovni podaci.....	2
2.2. Tlo i klima	3
2.3. Okoliš	3
3. KORIŠTENJE I NAMJENA POVRŠINA GRADA	5
3.1. Naselja	8
3.2. Gospodarska namjena.....	8
3.3. Sport i rekreacija.....	9
3.4. Poljoprivreda.....	9
4. INFRASTRUKTURNI SUSTAVI GRADA	11
4.1. Vodoopskrba i odvodnja	11
4.2. Uređenje vodotoka i voda Grada.....	13
4.3. Analiza oborinskih karakteristika na području Novigrada (HTP i ITP krivulje).....	15
4.3. Poplava 2010.godine i njezine posljedice.....	18
4.4. Izvedene mjere za ublažavanje štetnog djelovanja velikih voda na području dvorane	19
5. ANALIZA POKROVA ZEMLJIŠTA.....	21
5.1. Podaci korišteni za analizu.....	21
5.2. Analiza pokrova u QGIS programu – postojeće stanje.....	25
5.3. Analiza pokrova – buduće stanje	28
5.4. SCS metoda analize pokrova zemljišta	30
6. HIDROLOŠKI PRORAČUNI	35
6.1. Projektni pljusak	35
6.1. SWMM program.....	43
6.2. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja povijesnog stanja područja	45
6.4. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja postojećeg stanja područja.....	45
6.4. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja budućeg stanja područja	46
6.5. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja za jake povijesne oborine	48

7.ODRŽIVI SUSTAV ODVODNJE OBORINSKIH VODA- LID ELEMENTI.....	52
7.1. Općenito o LID pristupu	52
7.2. Primjena LID elemenata na modelu budućeg stanja izgrađenosti Grada Novigrada .	53
7.3. Hidrološko – hidraulička analiza budućeg stanja uz primjenu LID elemenata i njezini rezultati	58
7.4. Primjer uređenja infiltracijske retencije.....	61
8. ZAKLJUČAK.....	65
9. LITERATURA.....	66

POPIS TABLICA

Tablica 1: HTP krivulje postaje Celega - analitički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)

Tablica 2. Proračunate vjerojatnosti pojave maksimalnih oborina na postaji Celega (Građevinski fakultet Rijeka, 2004)

Tablica 3. Metodologija podjele pokrova zemljišta prema CORINE-u (haop.hr)

Tablica 4. Površine pojedinih pokrova te njihov udio u ukupnoj površini

Tablica 5. Udio pojedinih tipova pokrova u ukupnoj površini promatranog područja, izražen u postocima

Tablica 6. Površine pojedinih pokrova te njihov udio u ukupnoj površini za buduće stanje

Tablica 7. Udio pojedinih tipova pokrova u ukupnoj površini promatranog područja, izražen u postocima

Tablica 8. Prikaz usporedbe udjela pokrova zemljišta u ukupnoj površini, za postojeće i buduće stanje

Tablica 9. CN vrijednosti (USDA, 1986)

Tablica 10. Vrijednosti parametra CN za postojeće stanje pokrova

Tablica 11. Vrijednosti parametra CN za buduće stanje pokrova

Tablica 12. Veličine površina poligona pojedinih površina pokrova za postojeće stanje

Tablica 13. Veličine površina poligona pojedinih površina pokrova za buduće stanje

Tablica 14. Ulazni podaci za hidrološko hidraulički proračun – intenziteti oborine za različita trajanja

Tablica 15. Karakteristike slivova za postojeće stanje pokrova

Tablica 16. Karakteristike slivova za buduće stanje pokrova

Tablica 17. Dimenzije postavljenih LID elemenata

POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj Grada Novigrada (maps.google.hr)

Slika 2. Ptičja perspektiva Novigrada (www.aminess.com/hr/)

Slika 3. Namjena površina prema PPUG Novigrada (SNGN 3/15)

Slika 4. Prostorna konfiguracija vodoopskrbnih sustava u Istri i glavni pravci transporta vode (SNIŽ 5/18)

Slika 5. Karta odvodnje otpadnih voda grada Novigrada (www.6maj-odvodnja.hr).

Slika 6. Vodoopskrba i odvodnja Grada Novigrada (SNGN 3/15):

Slika 7. Uređenje vodotoka i voda Novigrada prema PPUG Novigrada (SNGN 3/15):

Slika 8. Područje grada Novigrada sa označenom meteorološkom postajom Celega (Urbis 72, 2008.)

Slika 9. HTP krivulja postaje Celega – grafički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)

Slika 10. ITP krivulja postaje Celega – grafički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)

Slika 11. Posljedice poplave sportske dvorane (porestina.info)

Slika 12. Pregradni zid, zaštitni nasip i kolektor u blizini dvorane

Slika 13. Kolektor oborinskih voda u blizini dvorane

Slika 14. CLC kategorizacija pokrova Novigrada (haop.hr)

Slika 15. CLC kategorizacija pokrova Novigrada -legenda (haop.hr)

Slika 16. Ucertani podslivovi prateći postojeći kanal

Slika 17. Pokrov zemljišta na analiziranom području

Slika 18. Pokrov zemljišta za buduće stanje

Slika 19. Rješenje jednadžbe površinskog otjecanja (USDA, 1986)

Slika 20. Dijagram intenziteta oborine za $T = 1$ h

Slika 21. Dijagram intenziteta oborine za $T = 2$ h

Slika 22. Dijagram intenziteta oborine za $T = 3$ h

Slika 23. Dijagram intenziteta oborine za $T = 4$ h

Slika 24. Dijagram intenziteta oborine za $T = 5$ h

Slika 25. Dijagram intenziteta oborine za $T = 6$ h

Slika 26. Dijagram intenziteta oborine za $T = 9$ h

Slika 27. Dijagram intenziteta oborine za $T = 12$ h

Slika 28. Dijagram intenziteta oborine za $T = 15$ h

Slika 29. Dijagram intenziteta oborine za $T = 18$ h

Slika 30. Dijagram intenziteta oborine za $T = 21$ h

Slika 31. Dijagram intenziteta oborine za $T = 24$ h

Slika 32. Model terena izrađen u SWMM programu

Slika 33. Dijagram otjecanja za povijesno stanje izgrađenosti

Slika 34. Dijagram otjecanja za postojeće stanje izgrađenosti

Slika 35. Dijagram otjecanja za buduće stanje izgrađenosti

Slika 36. Dijagram intenziteta oborine na dan 19.09.2010.

Slika 37. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 19.09.2010.

Slika 38. Dijagram intenziteta oborine na dan 30.05.2006.

Slika 39. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 30.05.2006.

Slika 40. Dijagram intenziteta oborine na dan 21.06.2009.

Slika 41. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 21.06.2009.

Slika 42: Shema standardnog i održivog sustava odvodnje (UACDC, 2010.)

Slika 43: Model funkcioniranja LID infrastrukture, redom: kontrola protoka; zadržavanje vode; retencija; filtracija; infiltracija; tretiranje (UACDC, 2010.)

Slika 44: Prikaz budućeg stanja uz primjenjene LID elemente

Slika 45. Shematski prikaz zelenog krova (SWMM 5.1.)

Slika 46. Shematski prikaz infiltracijske retencije (SWMM 5.1.)

Slika 47. Teren planiran za izgradnju retencije

Slika 48. Infiltracijska retencija prikazan na DOF podlozi budućeg stanja pokrova zemljišta

Slika 49. Dijagram ulaznog i izlaznog protoka retencije za $T = 1$ h

Slika 50. Dijagram razine vode u retenciji za $T = 1$ h

Slika 51. Dijagram ulaznog i izlaznog protoka retencije za $T = 6$ h

Slika 52. Dijagram razine vode u retenciji za $T = 6$ h

Slika 53. Dijagram razine vode u retenciji za $T = 6$ h

Slika 54. CU Park u Bankoku (floodresilience.net)

Slika 55. LID elementi CU Parka (floodresilience.net)

Slika 56. Fourth Ward Park u Atlanti (beltlandia.com)

1. UVOD

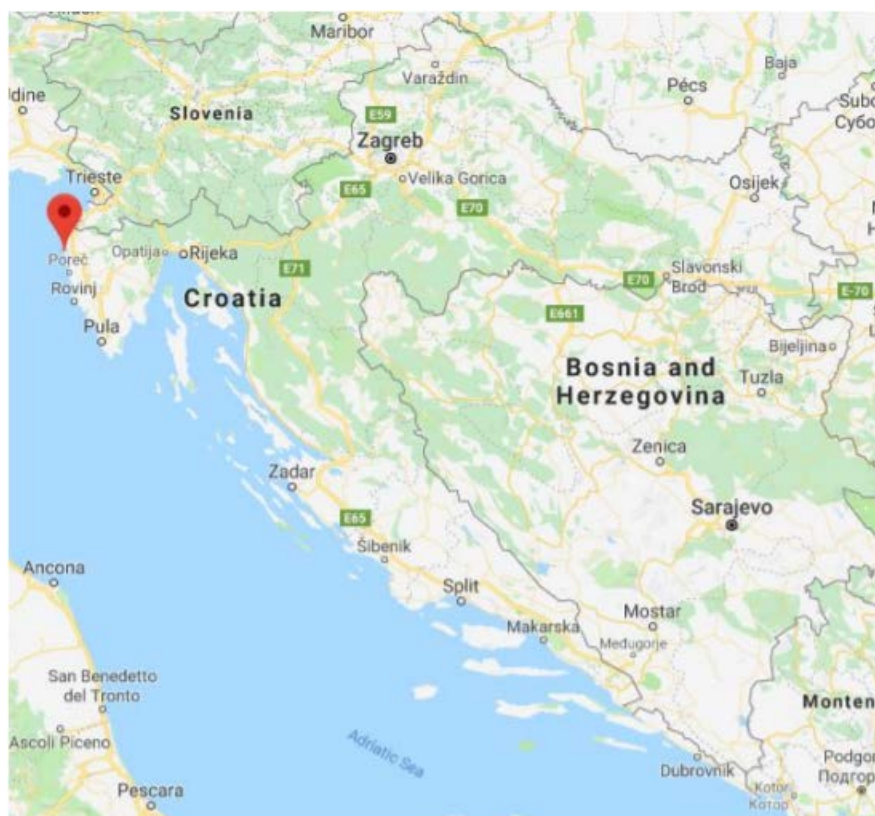
Urbanizacijom pojedinih građevinskih područja te izgradnjom novih objekata dolazi do povećanja nepropusnih površina što smanjuje mogućnost infiltracije oborinske vode u podlogu i povećava otjecanje stoga se javlja sve veća potreba za razvojem urbaniziranih područja primjenom plavo – zelene infrastrukture. Cilj ovog rada procjena je primjene plavo – zelene infrastrukture na urbanizirano područje na temelju Low Impact Development (LID) pristupa. Takav pristup temelji se na zadržavanju ili retencioniranju, akumuliranju, mehaničkoj i biološkoj filtraciji, infiltraciji oborinskog otjecanja, pojačanoj evapotranspiraciji, korištenju oborinskih voda te posebnom oblikovanju prostora. Za odgovarajući odabir LID elemenata potrebno je provesti hidrološko-hidrauličke proračune.

U ovome radu provedena je analiza pokrova zemljišta za povijesno, postojeće i buduće stanje izgrađenosti na području Grada Novigrada koristeći se QGIS alatom (qgis.org). Analizom područja u QGIS alatu dobiveni su podaci o broju krivulje (eng. Curve Number, CN) analiziranog slivnog područja podijeljenog na podslivove, koristeći se Soil Conservation Service metodom (SCS metoda) (USDA, 1986.). U SWMM 5.1. programu (epa.gov) provedena je hidrološko-hidraulička analiza otjecanja i izrađeni su hidrološki modeli za povijesno, trenutno i buduće stanje sliva Grada Novigrada.

2. OPĆENITO O GRADU NOVIGRADU

2.1. Osnovni podaci

Prema postojećoj teritorijalnoj podjeli Grad Novigrad u sastavu je Istarske županije. Područje Grada Novigrada obuhvaća pet naselja i to: Antenal, Bužinija, Dajla, Mareda, Novigrad. Prostire se na površini od oko 26,22 km² (Grad Novigrad, 2017.) Zajedno s Umagom, Brtoniglom, Oprtljem, Bujama i Grožnjanom te brojnim drugim mjestima i naseljima Grad Novigrad - Cittanova čini Bujštinu. Položaj grada s obzirom na cijelu državu prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Položaj Grada Novigrada (maps.google.hr)

Prema planu grada Novigrada iz 2011.godine zabilježeni broj stanovnika je 4345, dok se za 2015.godinu pretpostavljao broj od 4783 stanovnika. U ljetnim mjesecima se taj broj

povećava obzirom na turizam i on u prosjeku iznosi oko 3327 (broj povremenih stanovnika) (Grad Novigrad, 2017.)

2.2. Tlo i klima

U Istarskoj županiji postoje četiri reljefne cjeline na koje se područje može podijeliti. Na sjeveru županije nalazi se vapnenačko područje ("Bijela Istra"), u središtu županije smjestilo se flišno tlo ("Siva Istra"), središnji vapnenačko područje ("Crvena Istra") te priobalje u kojem je smješten Novigrad – Cittanova. Dio Istre koji se nalazi na obali karakteristično je po raznolikim geomorfološkim karakteristikama. Posebnost priobalnog područja leži u uzajamnom djelovanju mora i kopna što rezultira ugodnom mediteranskom klimom zbog koje je u Novigradu, ugodno boraviti tokom cijele godine. Suha i topla ljeta iznimno su pogodna za velik broj sunčanih sati. (Grad Novigrad, 2017.)

Prosječna količina oborina na godišnjoj bazi iznosi od 700 do 1000 mm. Ljeta su pretežito sušna, dok su zime vlažnije. Snijeg se u Novigradu javlja rijetko i u slučaju pojave, zadržava se kratko. (Grad Novigrad, 2017.)

Uslijed djelovanja intenzivnih klimatskih djelovanja, 2010.godine Novigrad je pogodio negativan utjecaj padalina koji je uzrokovao poplavu i značajne materijalne štete građevina i infrastrukturnih sutava. Tom su prilikom izvršena mnogobrojna ulaganja u popravak i obnovu sustava odvodnje oborinskih voda.

2.3. Okoliš

Glavnicu novigradske prirodne baštine čini Jadransko more (Slika 2) zatim rijeka Mirna i područje njenog ušća na Antenalskom mostu koje predstavlja zaštićeno područje, odnosno habitat mnogobrojnih vrsta životinja i biljaka.



Slika 2. Ptičja perspektiva Novigrada (www.aminess.com/hr/)

Na području Grada Novigrada, a sukladno Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/2013) i Uredbi o ekološkoj mreži (NN 124/2013 i 105/2015), postoje ekološko značajna područja, a to su rijeka Mirna i okolno područje te akvatorij – područje značajno za razvoj i stanište ptica. Prostornim planom Grada Novigrada -Cittanova zabilježene su sljedeća zaštićena područja: - ornitološki rezervat ušće rijeke Mirne, - sjeverni obronci kanjona rijeke Mirne, - samostanski park u Dajli, - Karpinjan i Šuma ruža na lokaciji Vidal. (Grad Novigrad, 2017.)

Za grad Novigrad karakteristično je čisto tlo, more te zrak pogodni za poljoprivredu. Također bitno je spomenuti kako je zabilježena niska razina buke, nepostojanje ilegalnih odlagališta otpada i istovremeno postojanje zelenih otoka. Jedan dio morske obale u prirodnom je stanju dok je drugi umjetno oblikovan za potrebe plaža i pratećih infrastruktura. Neznatan dio priobalja podložan je eroziji tla i ugrožen je.

U Novigradu nema izraženih površinskih vodotoka.

3. KORIŠTENJE I NAMJENA POVRŠINA GRADA

Prostornim Planom uređenja grada (PPUG) Novigrada (SNGN 3/15) utvrđuje se namjena površina po sljedećim kategorijama:

-građevinska područja naselja

-ugostiteljsko turistička namjena unutar postojećih stambeno turističkih naselja

-hotel (T1stn)

-turističko naselje (T2stn)

-kamp (T3stn)

-građevinska područja gospodarske namjene

-proizvodna

- pretežito industrijska namjena (I1)

-proizvodna

- pretežito zanatska namjena (I2)

-opće poslovna namjena (K)

-poslovna – komunalno servisna namjena (K3)

-poslovna namjena – farma (K4)

-ugostiteljsko turistička namjena

-hotel (T1)

-turističko naselje (T2)

-kamp (T3)

-građevinska područja sportsko-rekreacijske namjene

-golf igralište (R1) sa golf smještajem (Tgs)

-centar vodenih sportova (R5)

-sportsko otvoreno streljište (R9)

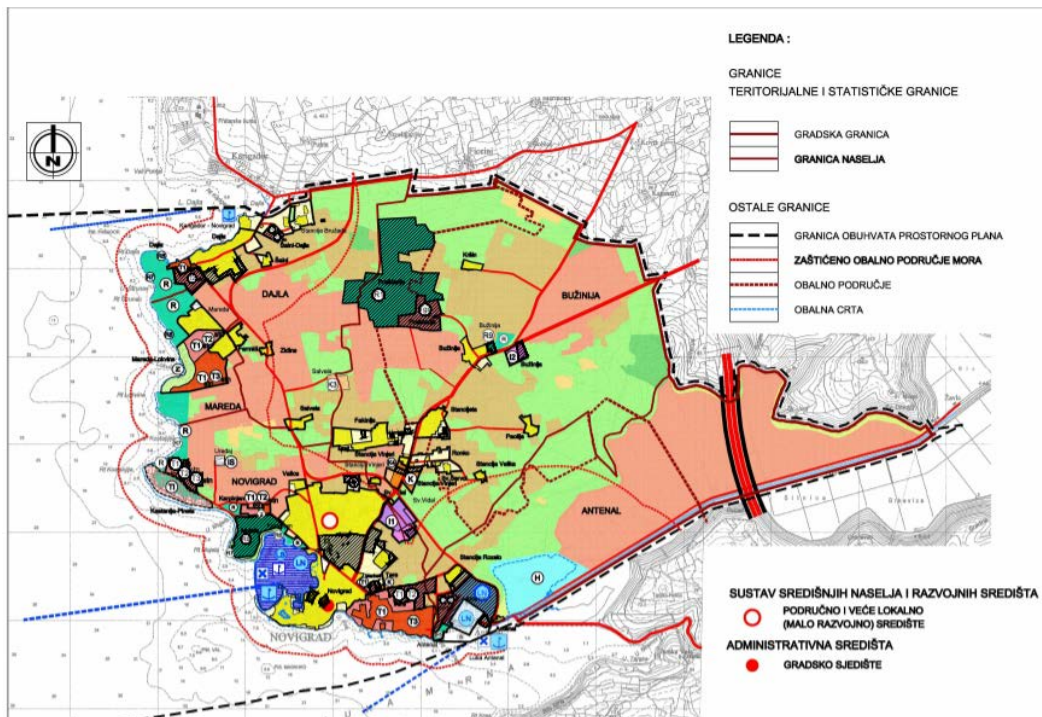
-polivalentni sportsko rekreacijski centar >2ha (R8)

-građevinsko područje groblja

-građevinsko područje infrastrukturnih sustava – luka otvorena za javni promet (IS)

- građevinsko područje luke posebne namjene – luka nautičkog turizma (LN)
- rekreacijska područja izvan naselja (R)
- uređene plaže (R6)
- neuređene plaže (R7)
- područja poljoprivrednog tla isključivo osnovne namjene
 - osobito vrijedno obradivo tlo
 - vrijedno obradivo tlo
 - ostala obradiva tla
- područja šuma isključivo osnovne namjene
 - šume gospodarske namjene
 - zaštitne šume
 - šume posebne namjene
- prometni i drugi infrastrukturni sustavi i građevine
 - prometni koridori i građevine cesta
 - lokacije luka otvorenih za javni promet
 - lokacije luka posebne namjene
 - koridori i građevine telekomunikacijske infrastrukture
 - koridori i građevine sustava vodoopskrbe i odvodnje, uključujući i središnji uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (IS)
 - koridori i građevine energetskog sustava (elektroenergetski sustav i plinovodi)
- morske površine
- područje pomorskih plovni puteva
- pojas mora namjenjen rekreaciji
- unutarnje obalno mor
- e-vodne površine
 - uzgajalište (akvakultura) (H)

Prikaz navedenim površina vidljiv je na Slici 3.



Slika 3. Namjena površina prema PPUG Novigrada (SNGN 3/15)

3.1. Naselja

Planom definirana područja naselja su ona područja koja su namijenjena gradnji građevina stambene namjene i pratećih građevina za zadovoljavanje potreba žitelja. U anvedenim zonama će se također graditi poljoprivredne građevine, građevine za smještaj vozila, parkirališni prostori, groblja, javne i društvene, zdravstvene i sportske građevine. Građevine proizvodne namjene zabranjeno je graditi u planiranim područjima anselja. Dopusšteno je graditi ugostiteljske smještajne građevine – vrste hotel.

U naselju Novigrad Planom je određen dio građevinskog područja sa ograničenim uvjetima izgradnje gdje je taj dio namijenjen uređivanju zelenih površina, pješačkih i kolnih prometnica, parkirališnih površina, sportskih igrališta, plaža, sunčališta, valobrana i sl.

3.2. Gospodarska namjena

Prema Dopuni prostornog plana uređenja Grada Novigrada – Cittanova (SNGN 3/15) u područjima gospodarske namjene dopuštena je gradnja kolnih, kolno-pješačkih, servisnih i parkirališnih površina te uređenje zelenih površina.

Gradnja građevina proizvodne (industrijske) namjene koncentrirati će se u zoni Sv. Vidal (I1). Unutar tog područja moguća je izgradnja građevina proizvodnih – industrijskih ili zanatskih djelatnosti, javne i društvene građevine, smještajne građevine (poslovni hotel). Moguće je uređivati prometne površine, građevine za smještaj vozila, garaže i parkirališne površine, te potrebna infrastruktura. Unutar definiranog područja nije moguća izgradnja građevina stambene namjene.

Gradnja građevina gospodarske – proizvodne (pretežito zanatske) namjene koncentrirati će se u zoni Bužinija (I2). Unutar tog područja moguća je izgradnja građevina proizvodne – zanatske djelatnosti i trgovačke djelatnosti. Također je moguće uređivati prometne površine, građevine za smještaj vozila, garaže i parkirališne površine, te potrebna infrastruktura. Unutar definiranog područja nije moguća izgradnja građevina stambene namjene. Nije moguća izgradnja građevina stambene namjene.

Gradnja građevina poslovne namjene koncentrirati će se u zoni St. Vinjeri i Tere (K) gdje je dopuštena izgradnja građevina trgovačke, ugostiteljske, uslužne i zanatske, skladišne, servisne i komunalne djelatnosti. Također je moguće uređivati prometne površine, građevine za smještaj vozila, garaže i parkirališne površine, te potrebna infrastruktura. Unutar definiranog područja nije moguća izgradnja građevina stambene namjene. Nije moguća izgradnja građevina stambene namjene.

Građevinsko područje poslovne namjene – St.Vinjeri (K4) namijenjeno je izgradnji građevina poljoprivredno – stočarske namjene, opće poslovne namjene, skladišne., servisne i komunalne djelatnosti, te prateća infrastruktura.

Građevinska područja T1, T2 i T3 namijenjena su izgradnji ugostiteljsko smještajnih građevina i područje su gospodarsko – ugostiteljske namjene. Kategorija T1 pripada skupini hotela, t2 turističkom naselju, a T3 skupini kampova.

Unutar neizgrađenog dijela područja gospodarske namjene planirano je isključivo uređivanje i postavljanje pješačkih puteva, trim staza, odmorišta, plaža te potrebne infrastrukture.

3.3. Sport i rekreacija

U područjima sportsko – rekreacijske namjene moguća je izgradnja i uređenje prometnih površina te potrebnih infrastrukturnih građevina i mreža. Moguća je izgradnja javne kole, kolno – pješačke staze, pješačkih i parkirališnih površina te uređenje zelenih površina i postavljanje urbane opreme. Također je moguća rekonstrukcija i adaptacija unutar postojećih gabarita, postojećeg oblikovanja i namjene.

3.4. Poljoprivreda

Planom definirana područja koja spadaju pod kategoriju poljoprivrede, mogu se koristiti isključivo na način određen važećim Zakonom o poljoprivredi te se navedena područja ne smiju koristiti u druge svrhe, osim u slučajevima navedenim u Planu. Planom je izvršena podjela poljoprivrednih područja na osobito vrijedna obradiva tla, vrijedna obradiv tla i ostala obradiva tla što je vidljivo na Slici 3.

Područja šume mogu se koristiti isključivo na način određen važećim propisima iz oblasti šumarstva. U definiranom području nije moguća izgradnja građevina. Podjela navedenog područja izvršena je na sljedeći način: šume gopsodarske namjene, šume posebne namjene i zaštitne šume. Gdje su šume gospodarske namjene predviđene proizvodnji drva i ostalih šumskih proizvoda te je dopuštena izgradnja građevina potrebnih za gospodarenje šumom i prateća infrastruktura. Područje šuma posebne namjene predviđene su za odmor i rekreaciju gdje će se uzgajati šuma, uređivati biciklističke staze, interventni putevi i prateća infrastruktura. Područje zaštitnih šuma predviđeno je zaštititi poljoprivrednog i drugog zemljišta, voda, erozijskih zona, naselja i sl. U njima nije moguća izgradnja osim građevina potrebne infrastrukture.

4. INFRASTRUKTURNI SUSTAVI GRADA

Planirani infrastrukturni sustavi (IS) dijele se na: građevinsko područje infrastrukturnih sustava – luka otvorena za javni promet Antenal i ostale lokacije, vodovi i građevine infrastrukture, uključivo i područje pročištača otpadnih voda. Navedeno područje namijenjeno je gradnji građevina prometa i infrastrukture te prostora za nadzor funkcioniranja mreža i uređaja. Navedene građevine ne smiju biti stambene namjene, niti imati prostorije stambene namjene.

4.1. Vodoopskrba i odvodnja

Novigrad se nalazi na vodoopskrbnom području Istarskog vodovoda Buzet d.o.o koji svoje zalihe vode crpi iz postojećih kaptiranih izvorišta podzemnih voda (Sveti Ivan, Bulaž, Gradole,) i površinske akumulacije Butoniga (Slika 4).



Slika 4. Prostorna konfiguracija vodoopskrbnih sustava u Istri i glavni pravci transporta vode (SNIŽ 5/18)

Zone i lokacije većih vodoopskrbnih građevina Novigrada su sljedeće (SNIŽ 5/18):

- vodosprema Bužinija
- vodosprema Pineta
- vodosprema Paolija
- magistralni cjevovodi Ø200mm i Ø300mm regionalnog sustava Gradole

Smještaj infrastrukturnih građevina te ograničenja i smjernice za projektiranje istih (dozvoljeni tlakovi, brzine i koločine protoka), utvrđuju se temeljem uvjeta koje izdaje Istarski vodovod Buzet ,koji su nastali provedbom simulacija na postojećem matematičkom modelu distribucijskog podsustava Grada Novigrada. Simulacije također provodi Istarski vodovod Buzet.

Propisanim planom Grad Novigrada predviđeno je (SNGN 3/15):

- planirana (neizgrađena) mreža: ukupno 10 m magistralnih vodova
- planirana (izgrađena) mreža: ukupno 6 m magistralnih vodova

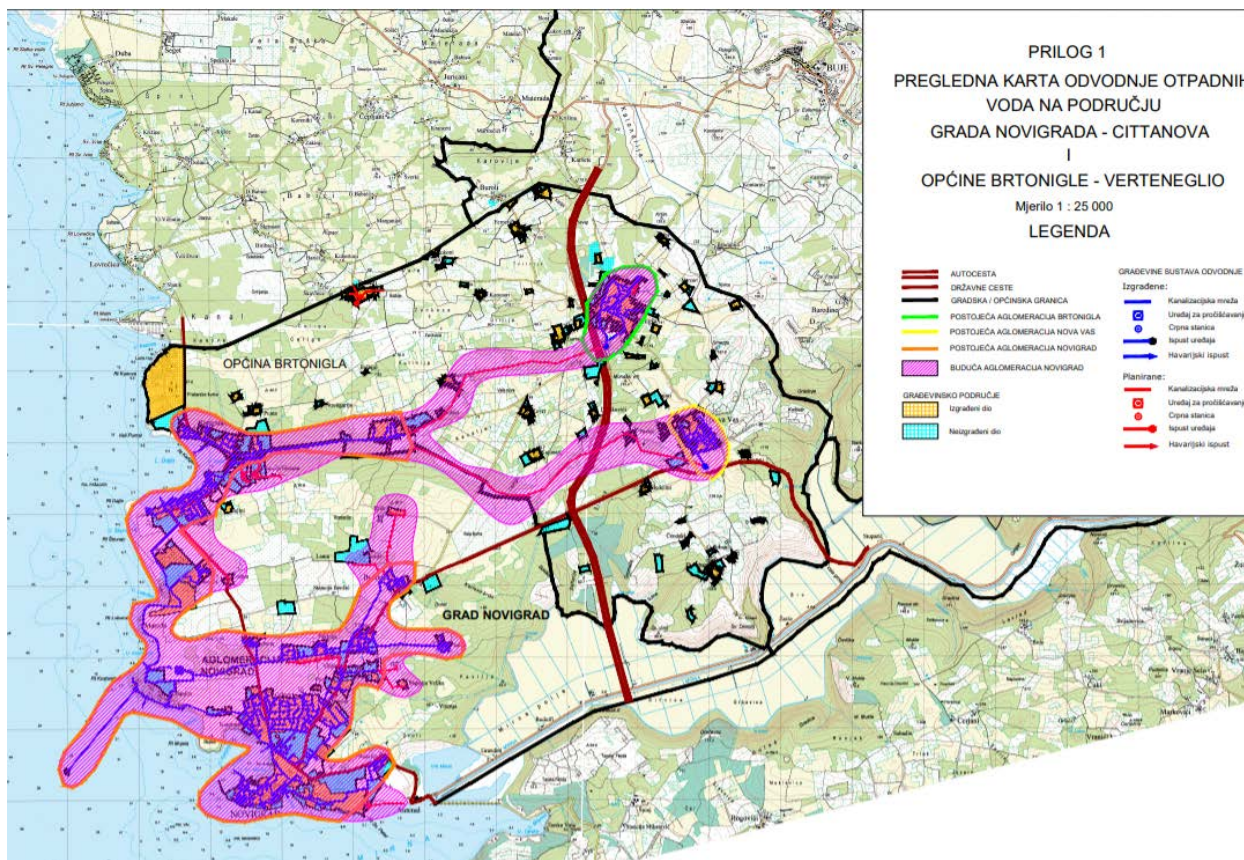
Sustav javne odvodnje Novigrada kontrolira i održava Trgovačko društvo 6. MAJ ODVODNJA d.o.o. Umag. Postojeći kanalizacijski sustav grada podijeljen je na sjeverni i južni sliv te obuhvaća 41 km gravitacijskih i tlačnih cjevovoda, 8 crpnih stanica (CS Karigador, CS Dajla 1, CS Dajla 2, CS Kastanija, CS Pineta, CS Šaini, CS Mandrač, CS Tere) i 6 havarijskih ispusta (www.6maj-odvodnja.hr).

Propisanim planom Grad Novigrada predviđeno je (SNGN 3/15):

- planirana (neizgrađena) mreža: ukupno 10 m planiranih magistralnih kolektora
- planirana (izgrađena) mreža: ukupno 6 m postojećih magistralnih kolektora

Kanalizacijski sustav grada spojen je na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta 33.000 ES. Karta odvodnje grada Novigrada i susjedne općine Brtonigla prikazana je na Slici 5.

Prosječna potrošnja vode Novigrada u ukupnoj prosječnoj potrošnji relevantnog vodoopsrbnog područja iznosi oko 5,3% u razdoblju od 2000.-2018.godine (www.6maj-odvodnja.hr).



Slika 5. Karta odvodnje otpadnih voda grada Novigrada (www.6maj-odvodnja.hr).

4.2. Uređenje vodotoka i voda Grada

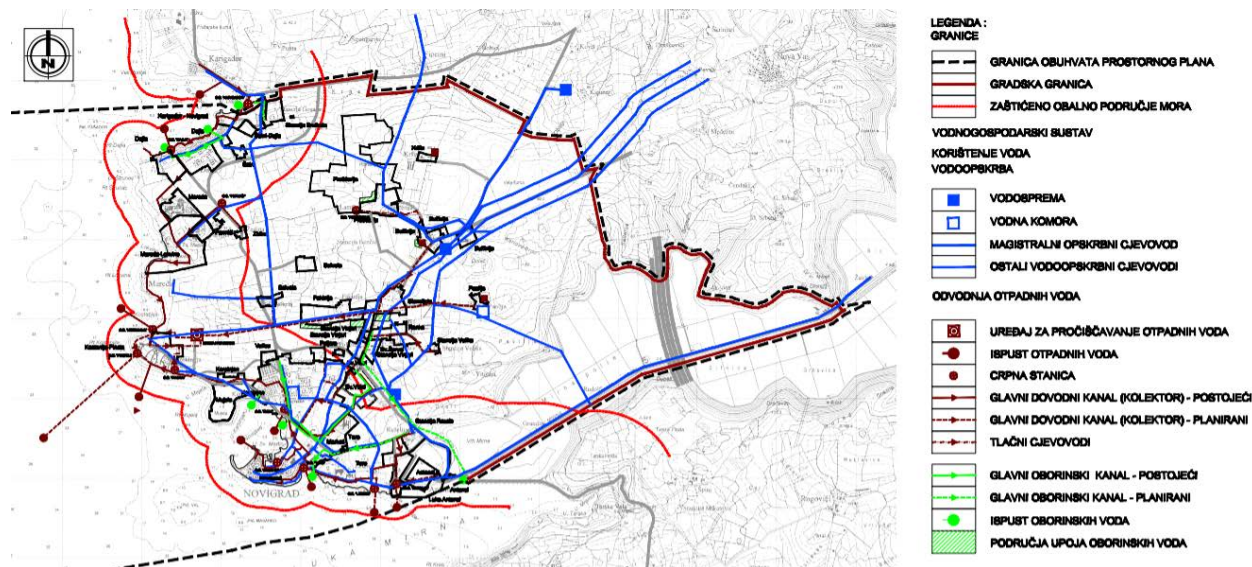
Evidentirani vodotoci na području obuhvata Plana su (SNGN 3/15):

1. Uređeni tok rijeke Mirne, uzvodno do granice područja Grada, dužine je 5,30km
2. Obodni kanal br.1 koji štiti od vanjskih voda sjeverni rub polja Donja Mirna, od crpne stanice Antenal do područja Sv. Dionizije, dužine je 7,10km
3. Sabirni kanal br.1, sa mrežom manjih kanala, od crpne stanice Antenal do područja Sv. Dionizije, dužine je 4,62km

Utok ovog kanala u more se ostvaruje preko dijela zatvorenog mora, koje je evidentirano kao vodno dobro, označeno kao Vrh Mirne.

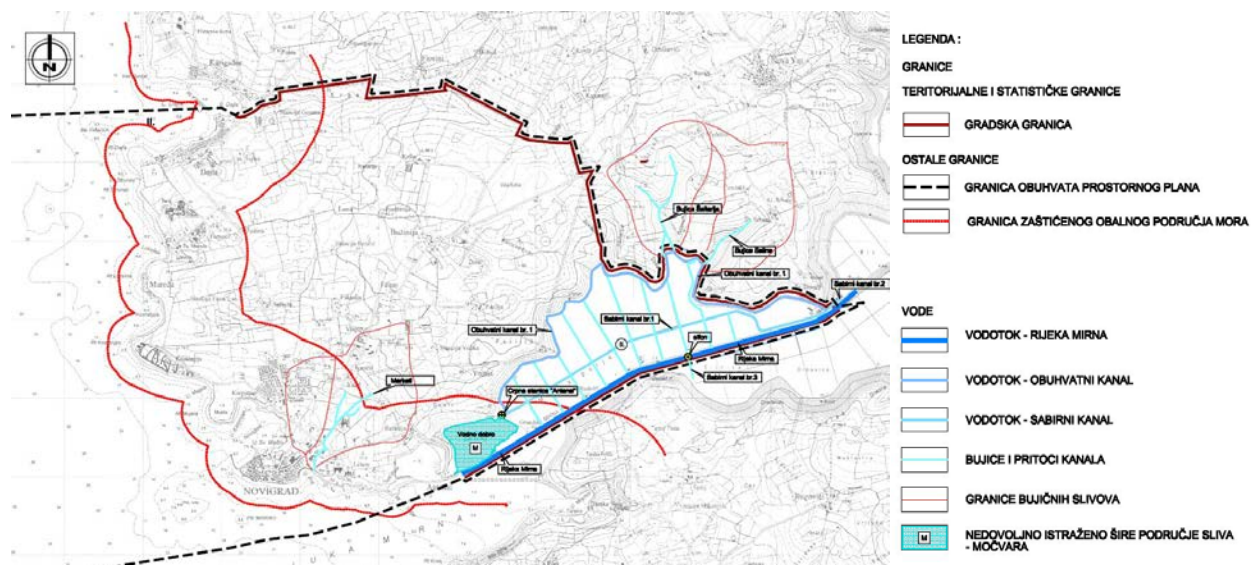
4. Dio sabirnog kanala br.3, priključak od Mirne do sabirnog kanala br.1, u dužini od 0,34km, te dio sabirnog kanala br.2, utok u sabirni kanal br. 1. (PPUG Novigrada (SNGN 3/15)):

Svi navedeni vodotoci vidljivi su na Slici 6.



Slika 6. Vodoopskrba i odvodnja Grada Novigrada (SNGN 3/15):

Rijeka Mirna, drugi potoci, bujice, kanali i ostale postojeće vodne površine, namijenjene su odvodnji slivnih voda šireg područja Istarske županije. Prostornim planom Grada utvrđeno je kako se vodotoci mogu premošćivati prometnicama i infrastrukturom te se zahvati na vodnim površinama moraju obavljati na način da se ne smanjuje njihova konstantna protočnost. Iznad natkrivenih vodotoka, zabranjena je gradnja na zemljištu, osim gradnje javnih površina. Uređenje vodotoka i voda te slivne površine Grada, prikazane su na Slici 7.

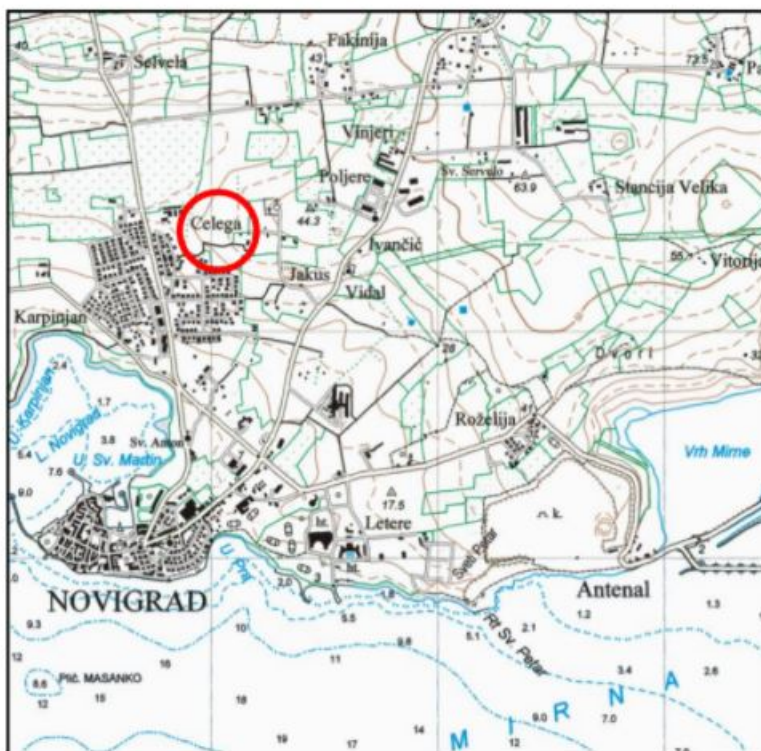


Slika 7. Uređenje vodotoka i voda Novigrada prema PPUG Novigrada (SNGN 3/15)):

Grad kontinuirano ulaže u razvoj infrastrukture za vodoopskrbu i odvodnju. 2015. godine uložilo se u izgradnju novog kanalizacijskog sustava područja Bužinija. Također, ukupna ulaganja Istarskog vodovoda d.o.o. na području Novigrada, u razdoblju od 2014.-2018. godine, iznosila su 1 717 386 kn (www.6maj-odvodnja.hr).

4.3. Analiza oborinskih karakteristika na području Novigrada (HTP i ITP krivulje)

Za prikaz meteorološko klimatoloških podataka odabrani su podaci sa "obične meteorološke stanice" (OMS) Celega, koja se nalazi sjeverno od stare gradske jezgre Grada prikazana na Slici 8.



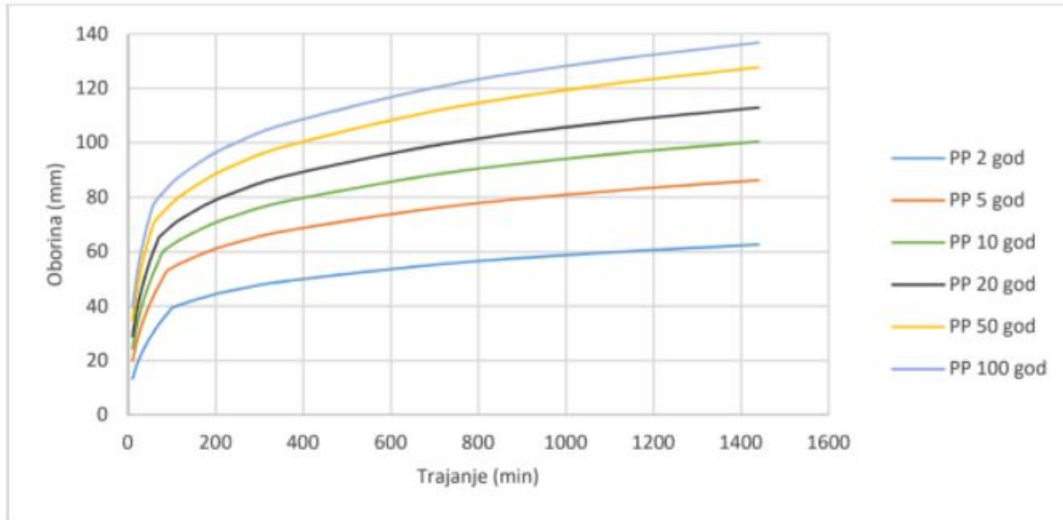
Slika 8. Područje grada Novigrada sa označenom meteorološkom postajom Celega (Urbis 72, 2008.)

Na temelju provedenih analiza u studiji Rainman (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.), definirane su HTP i ITP krivulje za analizirane ombrografske postaje, tako i za postaju Celega. Krivulje su definirane na način da su kao mjerodavni uzeti rezultati obrada godišnjih nizova ekstrema.

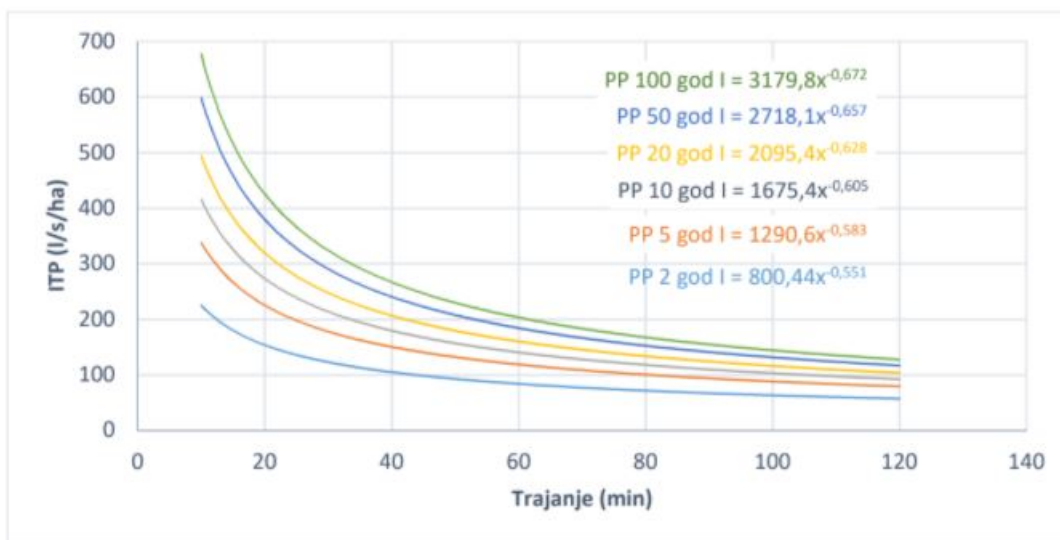
U Tablici 1. prikazana je analitička analiza HTP krivulja za postaju Celega.

Tablica 1: HTP krivulje postaje Celega - analitički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)

Povratni period	HTP krivulja	tp (sati)	HTP krivulja
	(10 min < t < tp)		(tp < t < 24 sata)
CELEGA			
2-god	4,5381 · t ^{0,4694}	1,66	17,651 · t ^{0,1741}
5-god	7,1202 · t ^{0,4472}	1,48	24,106 · t ^{0,1753}
10-god	9,0409 · t ^{0,4322}	1,33	27,507 · t ^{0,1781}
20-god	11,053 · t ^{0,4177}	1,17	30,23 · t ^{0,1812}
50-god	13,919 · t ^{0,3989}	0,97	33,097 · t ^{0,1857}
100-god	16,273 · t ^{0,3849}	0,95	37,662 · t ^{0,1773}



Slika 9. HTP krivulja postaje Celega – grafički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)



Slika 10. ITP krivulja postaje Celega – grafički prikaz (Građevinski fakultet u Rijeci i DHMZ, 2019.)

4.3. Poplava 2010.godine i njezine posljedice

Pojava intenzivnih oborina, počevši sa 16.rujnom 2010.godine, na području grada Novigrada, Umaga i okolice dovela je do pojave iznimno velikih bujičnih tokova oborinskih voda. S noći 18.rujna na 19.rujan, iznimno velike količine oborina uzrokovale su poplavu Novigradskog područja te blokirale većinu prometnica. Meteorološka stanica Državnog hidrometeorološkog zavoda, to je jutro, na području sjeverozapadne Istre zabilježila 150 litara padalina po četvornom metru u 24 sata (Rubinić, 2010.). Većina oborina pala je tijekom noći, a na nekim područjima Bujštine palo je i više od 200 litara (porestina.info). Intenzivne i konstante količine oborina u tako kratkom vremenskom roku, gradu Novigradu uzrokovale su brojne materijalne štete. Najveća od spomenutih bila je novootvorena sportska dvorana, koja je bila u funkciji punih tjedan dana (Slika 11.). Bujični tokovi uzrokovali su poplavljanje do 6m visine sportske dvorane koja je velikim dijelom bila ukopana u teren. Sljedećih su se dana nastojale sanirati štete i spriječiti širenje bujičnih tokova izgradnjom zemljanih brana.



Slika 11. Posljedice poplave sportske dvorane (porestina.info)

Spomenutih su dana zabilježene visoke količine oborina na mjernoj postaji Celega. 19.09.2010. registrirana je odoborina od 133 mm. Radilo se o oborini koja je pala na već

saturiran teren od prethodno palih oborina. Tako je ukupno 27,6 mm registrirano tijekom dva prethodna dana, a 59.8 mm u razdoblju 6.-9.9.2010. Ukoliko se uspoređi spomenuta registrirana količina oborina sa proračunatim vjerojatnostima 24-satnih oborinama postaje Celega (Građevinski fakultet Rijeka, 2004) proizlazi da je imala karakter 50-godišnjeg povratnog perioda (Tablica 2).

Tablica 2. Proračunate vjerojatnosti pojave maksimalnih oborina na postaji Celega (Građevinski fakultet Rijeka, 2004)

Trajanje	PP 2 god	PP 5 god	PP 10 god	PP 20 god	PP 50 god	PP 100 god
24	66,3	82,1	98,3	115,5	138,4	156,1

Navedena je poplava uzrokovala smanjene infiltracijskih mogućnosti oborinske vode u podzemlje i pojavu površinskog otjecanja vode.

4.4. Izvedene mjere za ublažavanje štetnog djelovanja velikih voda na području dvorane

S obzirom na šokantne posljedice poplave, Grad je ubrzo nakon pojave bujice i poplave, izdao nalog za izgradnju sustava za zaštitu područja od slivnih površinskih voda. U svrhu smanjenja opterećenja na postojeće sisteme odvodnje, Grad je 2012.godine izvršio zahvat ugradnje nove dionice odvodnog kanala, neposredno u blizini sportske dvorane – Zona Marketi. Nova dionica sastoji se od otvorenog i zatvorenog dijela kanala koji se izradio uz pomoć novih predfabricinarnih armirano betonskih elemenata (www.novigrad.hr). Izgradnja novog sustava odvodnje uključivala je i rekonstrukciju postojećih kanala sve do mora. Na područje uzvodno od Sportske dvorane postavljeni su pregradni zid, zaštitni nasip, kanal i sifon vidljivi na Slici 12. i 13.



Slika 12. Pregradni zid, zaštitni nasip i kolektor u blizini dvorane



Slika 13. Kolektor oborinskih voda u blizini dvorane

5. ANALIZA POKROVA ZEMLJIŠTA

Zemljište se u gospodarskoj grani tumači kao izvor proizvodnje, razvoja i ostvarivanja prihoda. Promatra li se s aspekta imovinskog prava, to je prostor Zemlje na kojemu postoje interesi u obliku prava i tereta (dužnosti i obveze). Za potrebe sprovedene analize, zemljište ćemo definirati kao bliskoznačnicu Zemljine površine, odnosno geografski prostor na kojem se odvijaju odnosi između čovjeka i prirode. Pokrov zemljišta ili zemljišni pokrov, vidljive su zemljišne značajke poput vegetacije, pašnjaka, ogoljelog zemljišta, urbanog područja i sl. Ono je prirodni materijal Zemljine površine i neposredno ispod nje.

Područje koje se analizira u projektu ucrtano je s obzirom na granice postojećeg sliva koje se određuju na temelju slojnica terena (pravilo okomitosti). Prostornim planom Grada pod stavkom "Uređenje vodotoka i voda" prethodno su određene i ucrtane slivne granice i vodotoci (Slika 14.). Granica je ucrtana s obzirom na postojeće bujice i pritoke kanala te je podijeljena na 22 podsliva kako bi kasniji proračuni bili što bliži realističnom stanju.

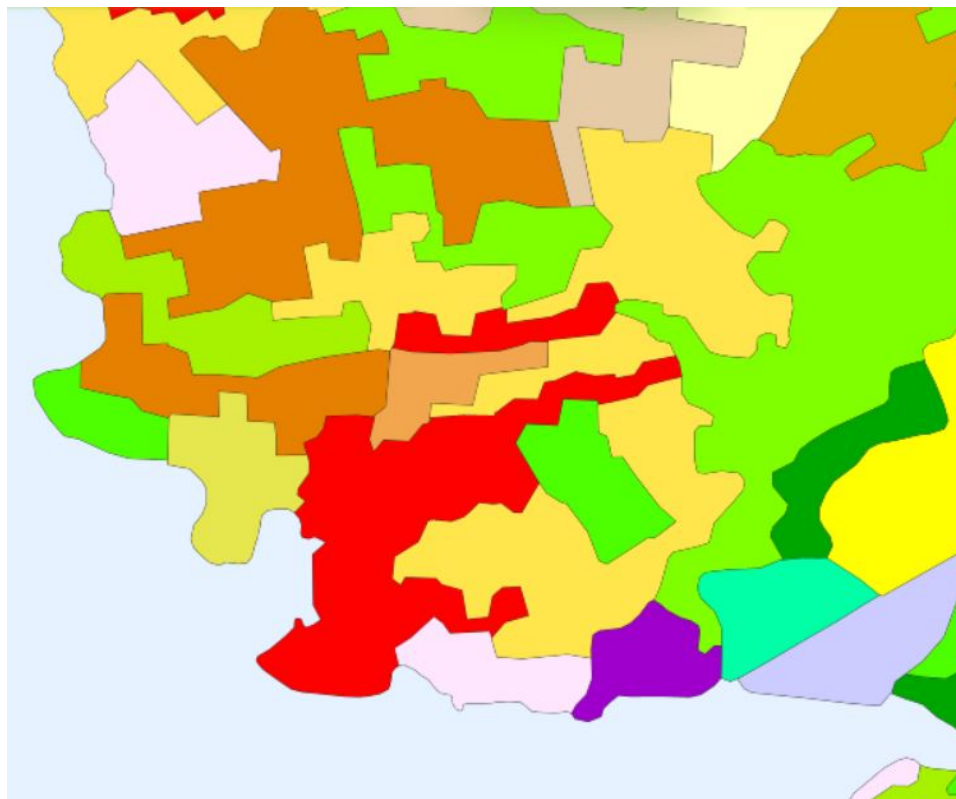
5.1. Podaci korišteni za analizu

Analiza pokrova zemljišta provedena je na temelju "CORINE LAND COVER pokrov i namjena korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj" (CLC) (haop.hr) koristeći njihovu metodologiju podjele zemljišta navedene u Tablici 3.

Tablica 3. Metodologija podjele pokrova zemljišta prema CORINE-u (haop.hr)

Razina 1		Razina 2		Razina 3			
Kod	Naziv	Kod	Naziv	Kod	Naziv		
1	Čovjekom utjecane površine	11	Naseljena područja	111	Naselja (>80% izgrađeno)		
				112	Naselja (<80% izgrađeno)		
		12	Industrijske, poslovne i prometne površine	121	Industrijski ili poslovni prostori		
				122	Prometnice s pripadajućim zemljištem		
				123	Luke s pripadajućim zemljištem		
				124	(Zračne luke) s pripadajućim zemljištem		
		13	Rudokopi, odlagališta i gradilišta	131	Rudokopi		
				132	Odlagališta otpada		
				133	Gradilišta		
		14	Umjetna, ne poljoprivredna vegetacija	141	Gradsko zelenilo		
				142	Sportski i rekreacijski objekti		
		2	Poljoprivredne površine	21	Obrađene površine	211	Oranice
						212	Navodnjavane poljoprivredne površine
						213	Rižina polja
22	Trajni nasadi			221	Vinogradi		
				222	Voćnjaci		
				223	Maslinici		
23	Livade i pašnjaci			231	Livade košenice i intenzivni pašnjaci		
24	Usitnjene, raznolike poljoprivredne površine			241	Jednogodišnji i višegodišnji usjevi		
				242	Mozaik različitih načina poljoprivrednoga korištenja		
				243	Poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije		
		244	Poljo-šumska područja				
3	Šume i ostala prirodna vegetacija	31	Šume	311	Bjelogorična šuma		
				312	Crnogorična šuma		
				313	Mješovita šuma		
		32	Grmolike i travne, prirodne biljne zajednice	321	Prirodni travnjaci		
				322	Grmolika vegetacija (kontinentalna - vrištine, cretovi i niske šikare)		
				323	Grmolika vegetacija (mediteranska - sklerofilna)		
				324	Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)		
		33	Otvorene površine s malo ili bez vegetacije	331	Plaže, dine, pijesci		
				332	Ogoljele površine		
				333	Područja s oskudnom vegetacijom		
		334	Izgorjele površine				
		335	Glečeri i trajni snijeg				
4	Močvarna zemljišta	41	Kopnene močvare	411	Kopnene močvare		
				412	Tresetišta		
		42	Primorske močvare (slane)	421	Slane močvare		
				422	Solane		
		423	Područja pod utjecajem plime i oseke				
5	Vode	51	Kopnene vode	511	Vode tekućice		
				512	Vode stajaćice		
		52	Mora i oceani	521	Obalne lagune		
				522	Estuariji		
		523	More				

CLC Hrvatska predstavlja digitalnu bazu podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova Republike Hrvatske za razdoblje 1980. – 2018. prema standardiziranoj CORINE nomenklaturi i metodologiji čime je osigurana konzistentnost i homogenost podataka na razini cijele Europske unije. (haop.hr). Digitalna baza podataka zemljišnog pokrova područja koje je analizirano u radu prikazana je na Slici 14.



Slika 14. CLC kategorizacija pokrova Novigrada (haop.hr)

Čija karta prikazuje sljedeće kategorije:



Slika 15. CLC kategorizacija pokrova Novigrada -legenda (haop.hr)

CLC – ova kategorizacija zemljišta na Novigradskom području veoma je gruba i sažeta, te se s obzirom na zahtjeve rada, pokrov dodatno analizirao obilaskom terena te proučavanjem DOF (digitalne orto-foto) podloge. Takva je analiza dala detaljnije rezultate koji se navode u nastavku rada.

5.2. Analiza pokrova u QGIS programu – postojeće stanje

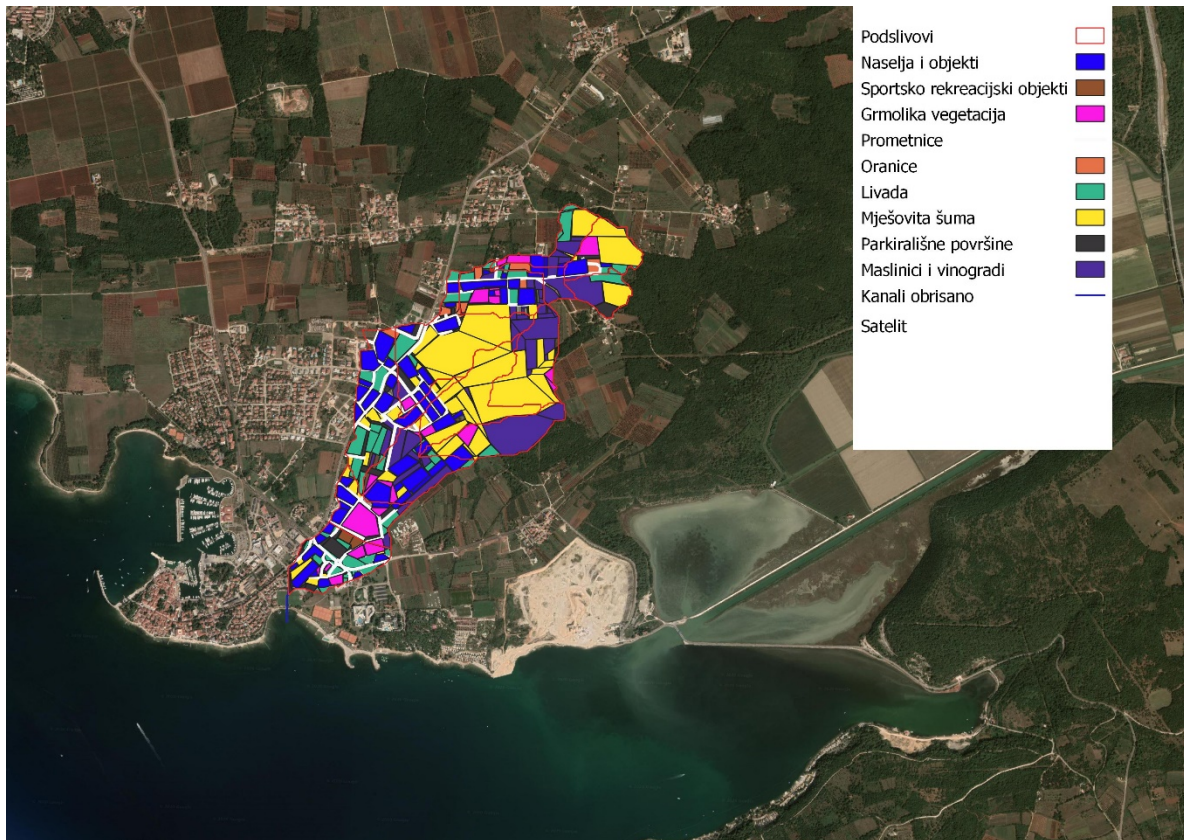
Analiza područja provodi se u QGIS računalnoj aplikacija otvorenog koda koja služi za vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje prostornih podataka (Qgis.org). Analiza kroz navedeni program započela je uvođenjem HOK (Hrvatska Osnovna Karta) podloge kroz DGU sustav koristeći se poveznicom za WMS servis (geoportal.dgu.hr). Na satelitskoj podlozi područja vršilo se ucrtavanje granica prateći okvire postojećih podslivova terena, koji okružuju postojeći vodni kanal. Finalni rezultat ucrtavanja granica slivova i podslivova vidljiv na Slici 16. Granica je ucrtana s obzirom na postojeće bujice i pritoke kanala te je podijeljena na 22 podslivova kako bi kasniji proračuni bili što bliži realističnom stanju.



Slika 16. Ucrtani podslivovi prateći postojeći kanal

Za slučaj promatranog područja koristila se prilagođena metodologija analize pokrova, s obzirom na CORINE podjelu pokrova zemljišta, gdje su se koristile sljedeće vrste pokrova:

prometnice, mješovita šuma, oranice, maslinici i vinogradi, livada, parkirališne površine, sportsko rekreacijski objekti, naselja i objekti (poput ugostiteljskih) te grmolika vegetacija. Kategorizacija zemljišta prilagođena je potrebama daljnjeg istraživanja i analize područja te je vidljiva na Slici 17.



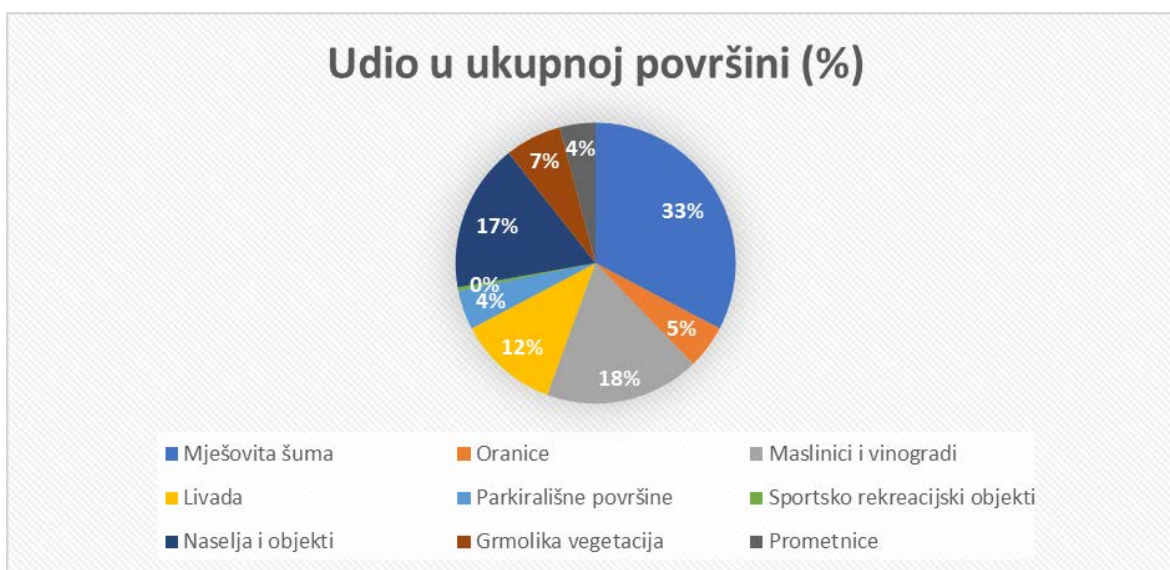
Slika 17. Pokrov zemljišta na analiziranom području

Površine pojedinih tipova zemljišta prikazane su u Tablici 4, sa prikazom njihovog udjela u ukupnoj površini promatranog područja.

Tablica 4. Površine pojedinih pokrova te njihov udio u ukupnoj površini

Pokrov zemljišta	Površina (m ²)	Udio u ukupnoj površini (%)
Mješovita šuma	422957,53	31,71
Oranice	65265,39	4,89
Maslinici i vinogradi	231080,24	17,33
Livada	150793,13	11,31
Parkirališne površine	58306,14	4,37
Sportsko rekreacijski objekti	5723,70	0,43
Naselja i objekti	221007,28	16,57
Grmolika vegetacija	84531,48	6,34
Prometnice	53355,10	4,00

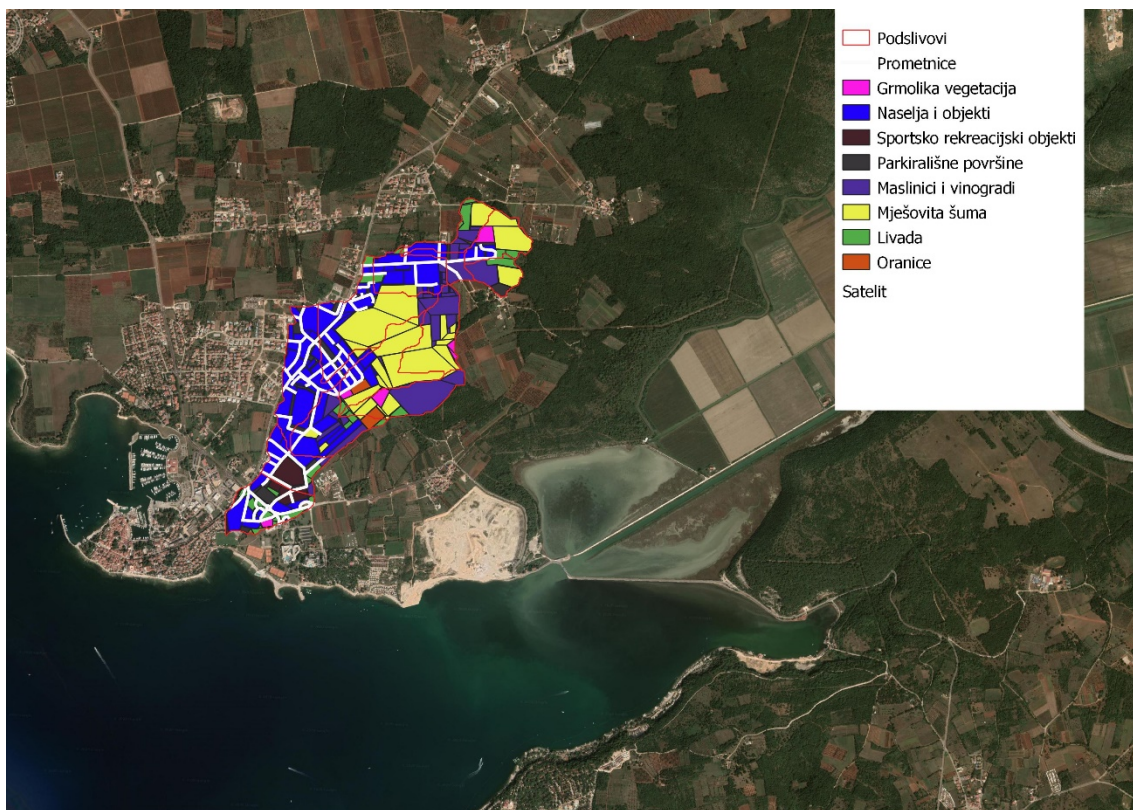
Tablica 5. Udio pojedinih tipova pokrova u ukupnoj površini promatranog područja, izražen u postocima



Na temelju tablične analize vidljivo je kako najveći dio površine zauzima mješovita šuma nakon koje slijede naselja i objekti. Ovakvi postoci ukazuju na činjenicu da je analizirano područje u značajnom dijelu prekriveno propusnim površinama, kao i površinama sa gustom vegetacijom koje imaju sposobnost upijanja veće količine oborina. Promatrano je područje pretežito neizgrađeno te se pretpostavlja da će se urbanizacijom područja izgrađenost povećati kroz godine što će izravno utjecati na propusnost površina i sposobnosti otjecanja oborina. Analiza se provodila za trenutno, postojeće stanje.

5.3. Analiza pokrova – buduće stanje

Analiza pokrova za stanje u budućnosti, izrađena je na temelju detaljnih planova uređenja pojedinih naselja. Pregledom DPU-a u kategoriji namjene i uređenja površina, nastala je karta pokrova zemljišta za buduće stanje Grada. Karta ne označava stanje koje će nužno biti izvedeno, ali je planirano kroz period od sljedećih 20 godina. Karta pokrova u budućnosti prikazana je na Slici 18., koristeći se istom metodologijom podjele kao u prethodno spomenutoj analizi (analiza postojećeg stanja).



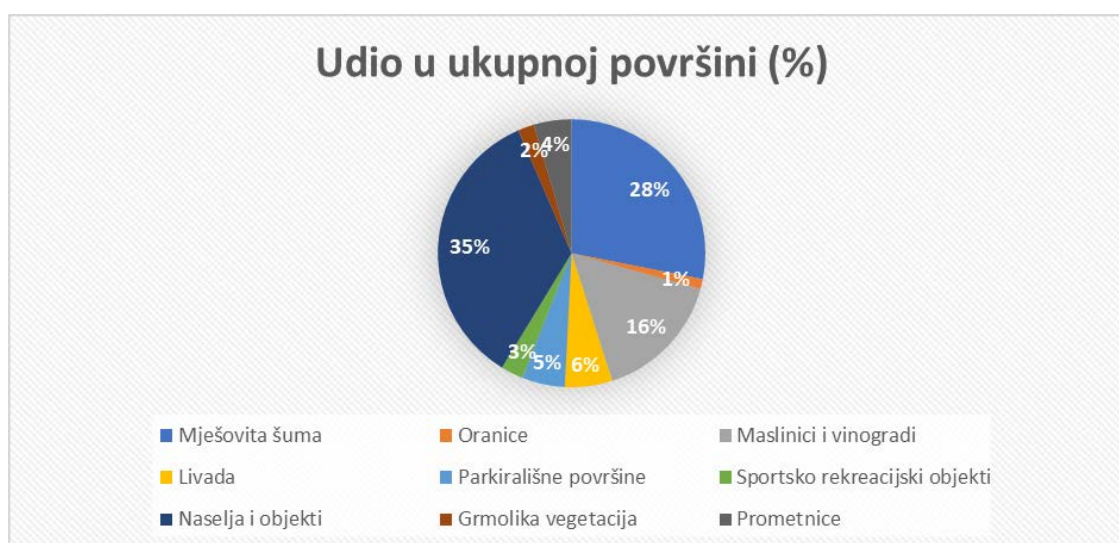
Slika 18. Pokrov zemljišta za buduće stanje

Površine pojedinih tipova pokrova i njihov udio u ukupnoj površini analiziranog područja, prikazani su u Tablici 6.

Tablica 6. Površine pojedinih pokrova te njihov udio u ukupnoj površini za buduće stanje

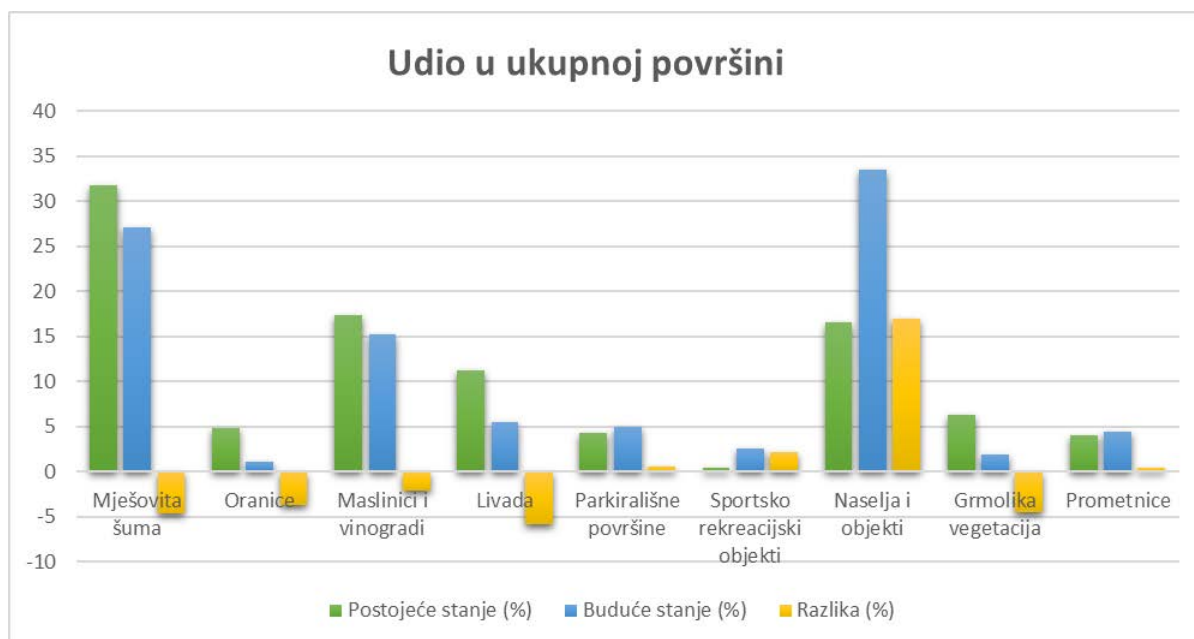
Pokrov zemljišta	Površina (m2)	Udio u ukupnoj površini (%)
Mješovita šuma	361466,79	27,10
Oranice	15701,01	1,18
Maslinici i vinogradi	202715,87	15,20
Livada	73516,17	5,51
Parkirališne površine	66842,77	5,01
Sportsko rekreacijski objekti	34868,75	2,61
Naselja i objekti	447055,83	33,52
Grmolika vegetacija	25183,57	1,89
Prometnice	58724,17	4,40

Tablica 7. Udio pojedinih tipova pokrova u ukupnoj površini promatranog područja, izražen u postocima



Na temelju tablične analize, vidljivo je kako se u budućnosti planira povećanje kategorije "Naselja i objekti". Naspram postojećeg stanja, povećanje iznosi 17%. Do povećanja površina također dolazi u kategoriji "Sportsko rekreacijskih objekata". Dolazi do značajnog smanjenja područja na kojima su prevladavale "Livade" u iznosu od 5,79%. U neznatnim se iznosima smanjuju površine ostalih kategorija. Usporedba postojećeg i buduće planiranog stanja prikazana je u Tablici 7 te je iskazana razlika stanja u postocima.

Tablica 8. Prikaz usporedbe udjela pokrova zemljišta u ukupnoj površini, za postojeće i buduće stanje



Porast površina namjenjenih za naselja i prateće objekte te smanjenje zelenih površina, uvelike će utjecati na razvitak vodoopskrbne mreže i odvodnje zbog smanjena vodopropusnih površina. Na pojedinim područjima koji se planiraju urbanizirati, vodoopskrbna mreža i sustav odvodnje nisu izrađeni te će ih biti potrebno planirati, projektirati i izgraditi s obzirom na zahtjevane potrebe.

5.4. SCS metoda analize pokrova zemljišta

Služba za očuvanje tla Sjedinjenih Američkih država (US Soil Conservation Service) (USDA, 1986.) razvila je metodu izravnoga (efektivnog) otjecanja kao funkciju kumulativnih oborina i raspoloživoga kapaciteta kod podzemne retencije sliva. Metoda se temelji na činjenici da na malom slivu, za vrijeme dugotrajne oborine, kumulativno otjecanje s porastom vremena, postaje jednako kumulativnoj oborini. Razlika između kumulativne P i efektivne P_e oborine u nekoj točki predstavlja višak oborine koji odlazi u podzemnu retenciju

sliva ograničenog kapaciteta. Maksimalni kapacitet podzemne retencije se prikazuje oznakom S . Jednadžba otjecanja po SCS metodi glasi (USDA, 1986.):

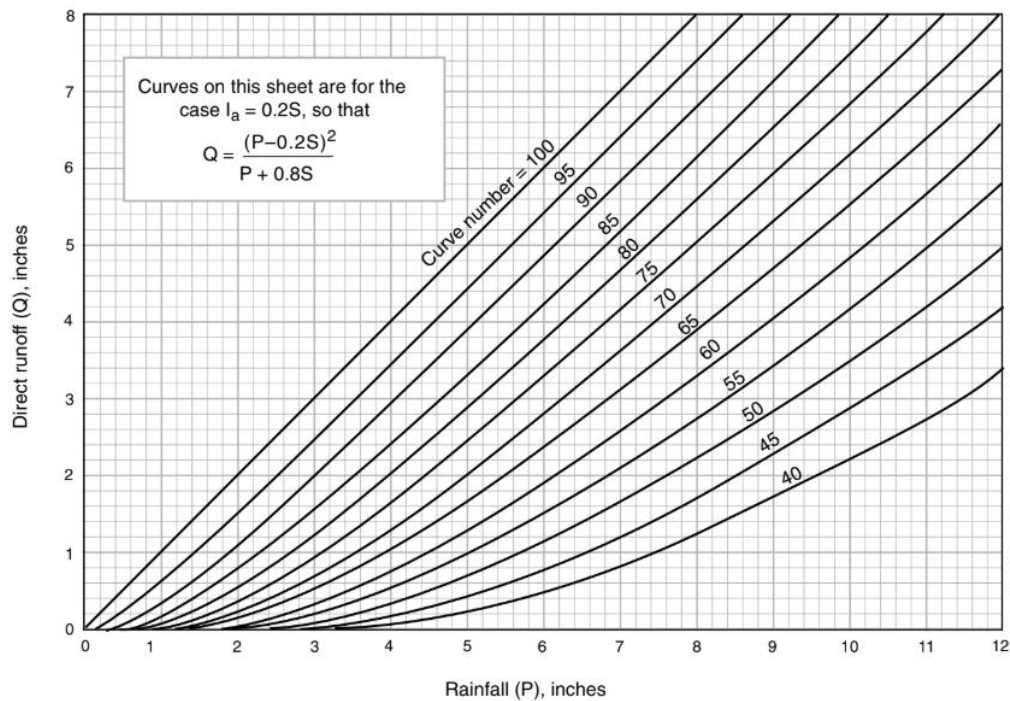
$$Q = \frac{(Q - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

Gdje su:

Q – otjecanje

I_a – ukupni gubici prije početka otjecanja

Za rješenje jednadžbe koristi se tablica sa Slike 19. čije su vrijednosti iskazane u američkom metričkom sustavu.



Slika 19. Rješenje jednadžbe površinskog otjecanja (USDA, 1986)

Metoda SCS koristi se definiranjem broja krivulje CN (curve number) koji ovisi o vrsti tla, stupnju izgrađenosti i količini vlage u tlu. CN je koeficijent otjecanja koji pokazuje učinke infiltracije, akumulacije i trajanja oborina. CN vrijednosti prikazane u Tablici 9. predstavljaju

prosječni uvjet otjecanja za urbana, kultivirano poljoprivredna, ostala poljoprivredna i sušna područja te se temelji na činjenici da su nepropusna područja međusobno povezana.

Tablica 9. CN vrijednosti (USDA, 1986)

Brojevi krivulja otjecanja za urbana područja		CN broj za hidrološka skupina tla			
Opis pokrova					
Tip pokrova i hidrološko stanje	Prosječni postotak nepropusnog područja	A	B	C	D
<i>Potpuno razvijena urbanistička područja (uspostavljena vegetacija)</i>					
Otvorena područja (travnjaci, parkovi, golf tereni, groblja, ostalo):					
Loše stanje (travnati pokrov < 50%)		68	79	86	89
Srednje stanje (travnati pokrov 50% to 75%)		49	69	79	84
Dobro stanje (travnati pokrov > 75%)		39	61	74	80
Nepropusna područja:					
Asfaltirana parkirna mjesta, krovovi, cestovni prilazi, ostalo		98	98	98	98
Ceste i putevi:					
Betonirani; rubnjaci i kanalizacija		98	98	98	98
Betonirani; jarci		83	89	92	93
Šljunak		76	85	89	91
Tlo		72	82	87	89
Zapadna pustinjska urbana područja:					
Prirodne pustinje (samo opasna područja)		63	77	85	88
Umjetne pustinje (nepropusna barijera od korova, pustinjski grm sa 1 do 2 inčnim pijeskom ili šljunkom) i granice sliva		96	96	96	96
Urbana područja:					
Komercijalna i poslovna	85	89	92	94	95
Industrijska	72	81	88	91	93
Stambeni dijelovi prema prosječnoj veličini parcele:					
1/20 hektara ili manje (gradske kuće)	65	77	85	90	92
1/10 hektara	38	61	75	83	87
2/15 hektara	30	57	72	81	86
1/5 hektara	25	54	70	80	85
0,4 hektar	20	51	68	79	84
0,8 hektara	12	46	65	77	82
<i>Urbana područja u razvoju</i>					
Novo uspostavljena područja (propusna područja, bez vegetacije)		77	86	91	94

Poznavanje pokrova zemljišta nužno je kako bi se odredili brojevi krivilja (CN brojevi) te ocijenilo stanje tla. Na temelju prethodne analize pokrova zemljišta dodijeljeni su CN vrijednosti svakom pojedinom tipu pokrova za postojeće i buduće stanje gdje smo ocijenili kako područje grada Novigrada spada pod "B" hidrološku skupinu tla što predstavlja umjereno duboka do duboka, umjereno dobro do dobro drenirana tla s umjereno finom do umjereno grubom granulacijom. CN vrijednosti prikazane su u Tablici 9. i 10.

Tablica 10. Vrijednosti parametra CN za postojeće stanje pokrova

Pokrov zemljišta	CN
Mješovita šuma	61
Oranice	79
Maslinici i vinogradi	69
Livada	61
Parkirališne površine	98
Sportsko rekreacijski objekti	92
Naselja i objekti	75
Grmolika vegetacija	69
Prometnice	98

Tablica 11. Vrijednosti parametra CN za buduće stanje pokrova

Pokrov zemljišta	CN
Mješovita šuma	69
Oranice	79
Maslinici i vinogradi	69
Livada	69
Parkirališne površine	98
Sportsko rekreacijski objekti	92
Naselja i objekti	75
Grmolika vegetacija	79
Prometnice	98

Tablica 12. Veličine površina poligona pojedinih površina pokrova za postojeće stanje

CN	Površine (m2)	Površine (%)
61	552113,04	35,20
79	287575,00	18,33
69	306208,94	19,52
98	91419,21	5,83
92	29452,26	1,88
75	319781,78	20,39
Prosječni CN:	79	

Prosječna vrijednost CN-a za postojeće i buduće stanje izračunata je pomoću funkcije "AVERAGE" (prosjeak) za stupac "CN", kroz Excel program, gdje su se CN vrijednosti određivale na temelju Tablice 8.

Tablica 13. Veličine površina poligona pojedinih površina pokrova za buduće stanje

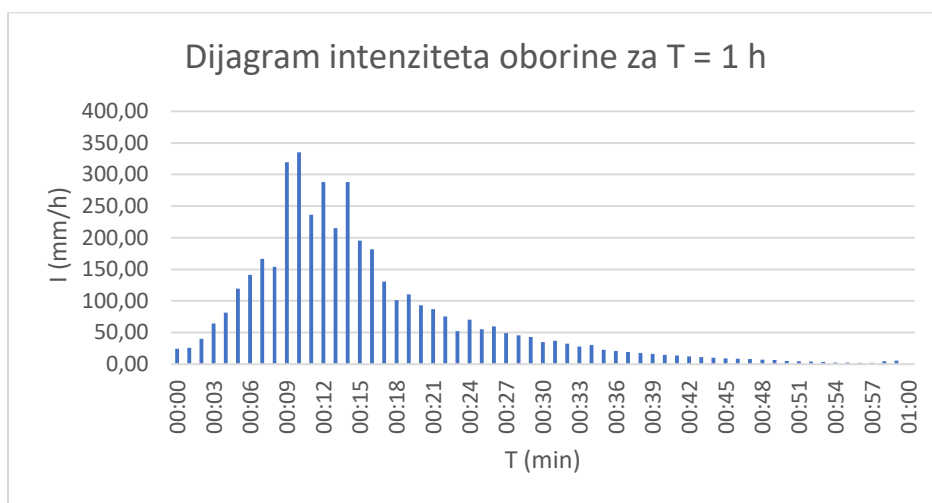
CN	Površine (m2)	Površine (%)
69	592728,24	37,79
79	112890,98	10,49
98	138407,00	8,82
92	34868,73	2,22
75	622675,31	39,70
Prosječni CN:	83	

6. HIDROLOŠKI PRORAČUNI

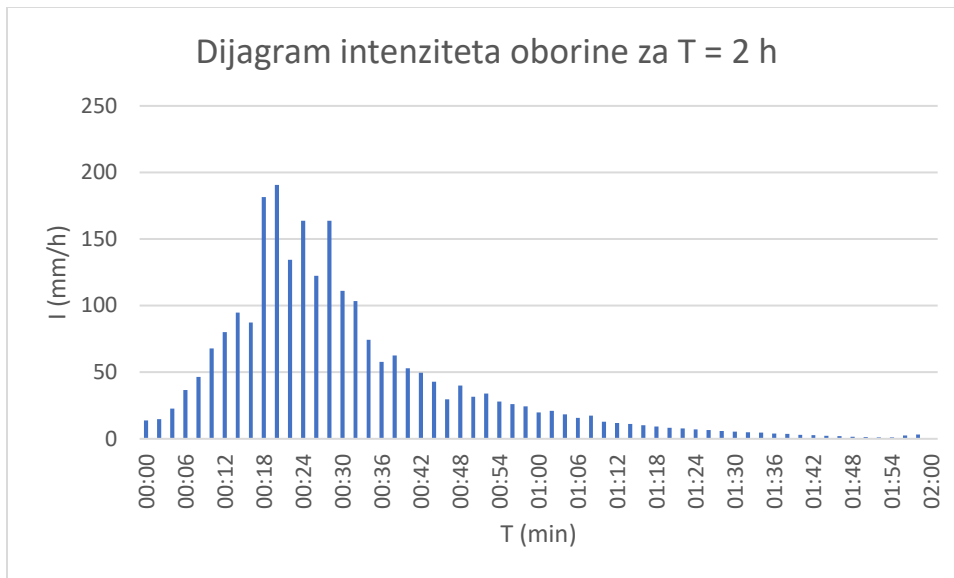
6.1. Projektni pljusak

Projektni pljusak idealizirani je oborinski profil uz kojeg je priložen povratni period temeljen na statističkim analizama i podacima. Definirani vremenski period osmišljen je kako bi prikazao oblik promatranih oborina, iako u njihovoj neasvršenoj formi najrealnije prikazuju stvarnu oborinu. (Butler i Davies, 2000.). Može se temeljiti na sintetičkim pljuskovima koji su izvedeni iz zabilježenih kišnih događaja ili, rjeđe, na pojedinim zabilježenim ekstremnim povijesnim oborinama. U prvom slučaju, vremenska raspodjela oborina računa se ili direktno iz HTP/ITP krivulja ili statističkom obradom niza zabilježenih oborina (Dietz, 2007.).

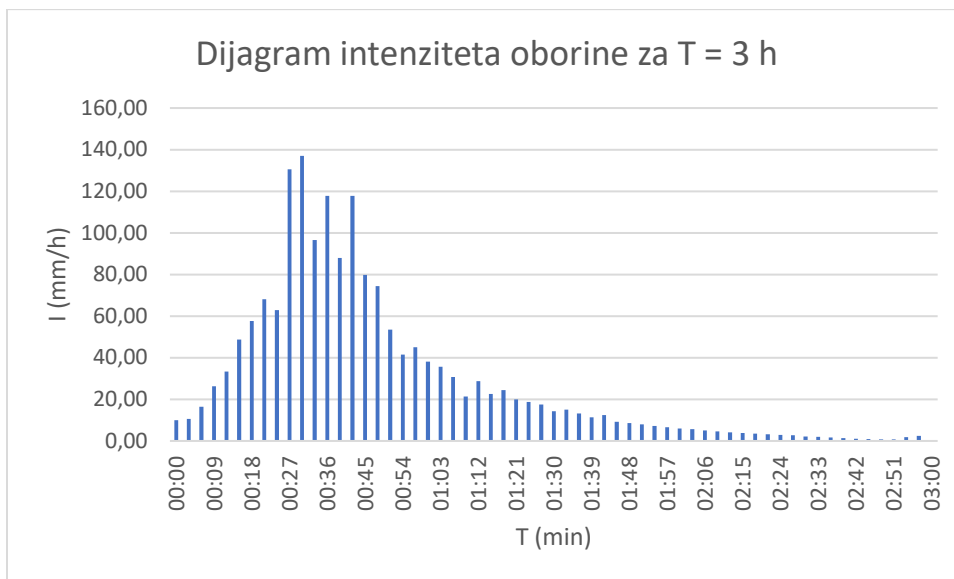
Stoga je za potrebe razvoja metoda i rješenja urbane odvodnje, temeljenih na pojačanoj infiltraciji oborinskih voda, na području Hrvatske a i šire, razvijena metodologija optimalnog dimenzioniranja infiltracijskih sustava kao integralnog dijela sustava za odvodnju oborinskih voda (Krvavica i sur.,2018). U ovom radu pljusak za projektiranje definiran je na temelju HTP krivulje za područje Grada Novigrada za 50 godišnji povratni period. U Tablici 24. prikazani su intenziteti oborine dobiveni za trajanja od 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 18, 21 i 24 h koji su korišteni pri analizama za povijesno, postojeće i buduće stanje pokrova sliva. Proračunati intenziteti oborine prikazani su u Slikama 20 – 31.



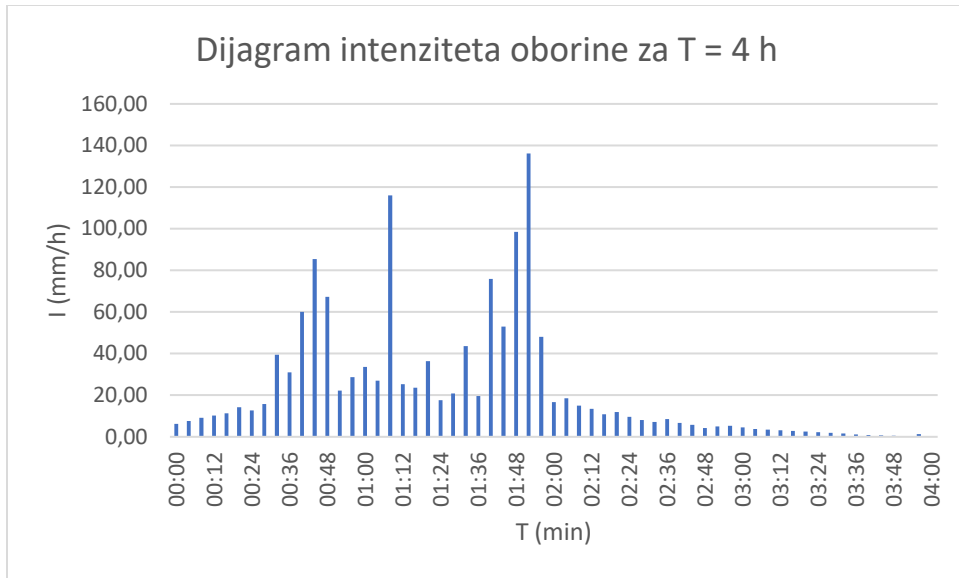
Slika 20. Dijagram intenziteta oborine za T = 1 h



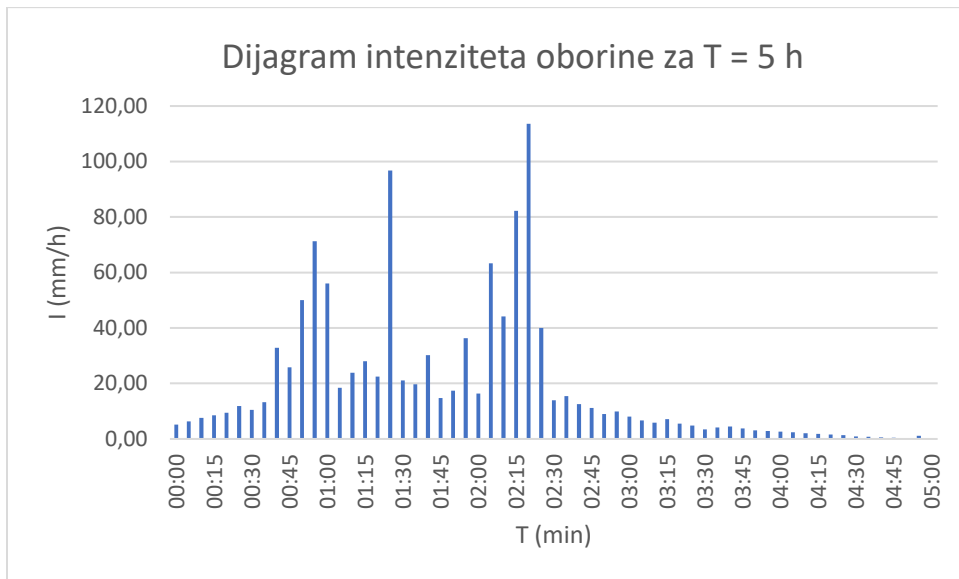
Slika 21. Dijagram intenziteta oborine za T = 2 h



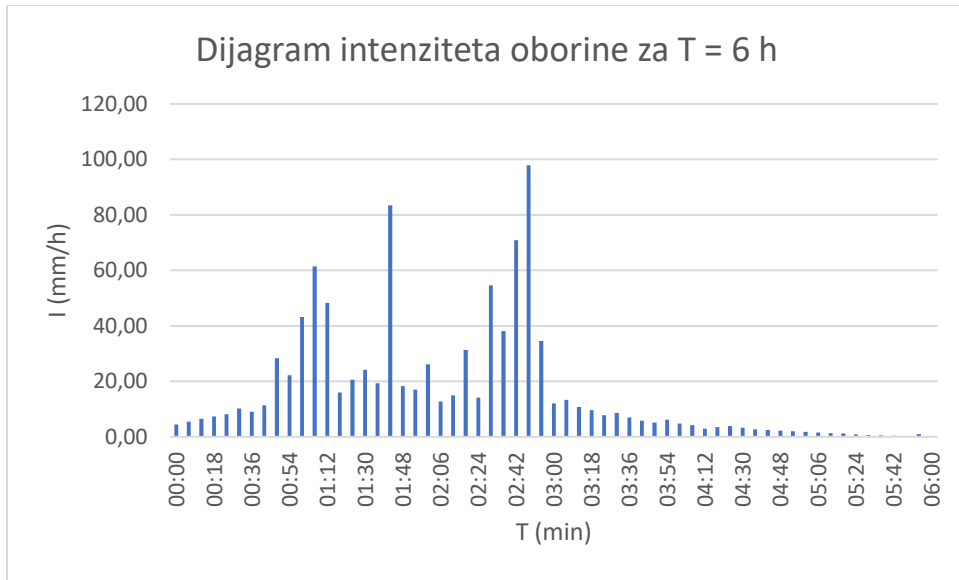
Slika 22. Dijagram intenziteta oborine za T = 3 h



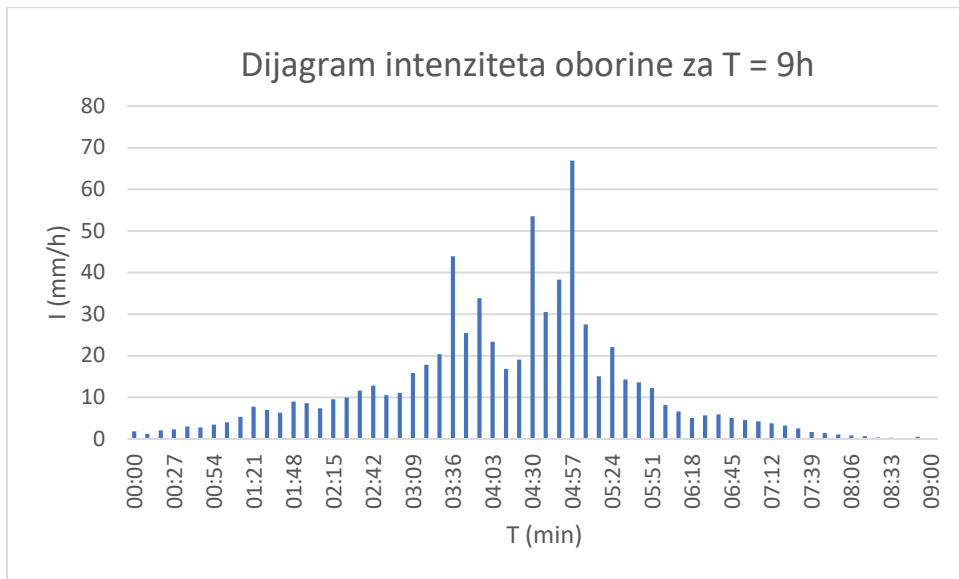
Slika 23. Dijagram intenziteta oborine za T = 4 h



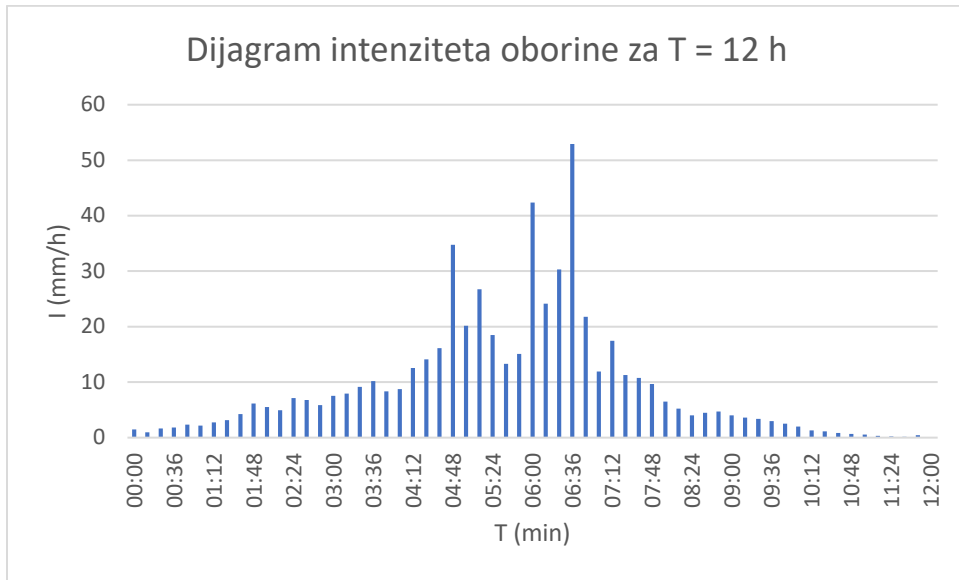
Slika 24. Dijagram intenziteta oborine za T = 5 h



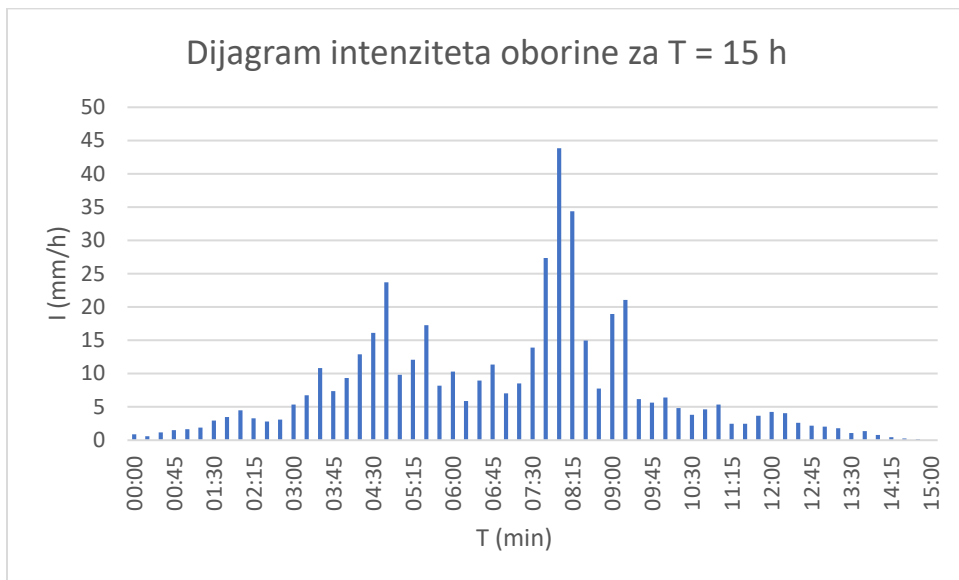
Slika 25. Dijagram intenziteta oborine za T = 6 h



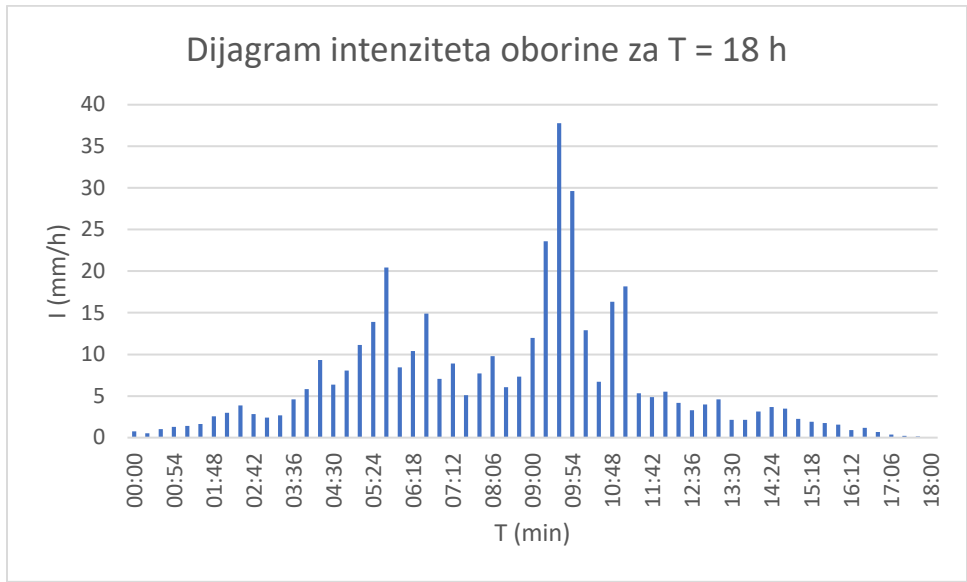
Slika 26. Dijagram intenziteta oborine za T = 9 h



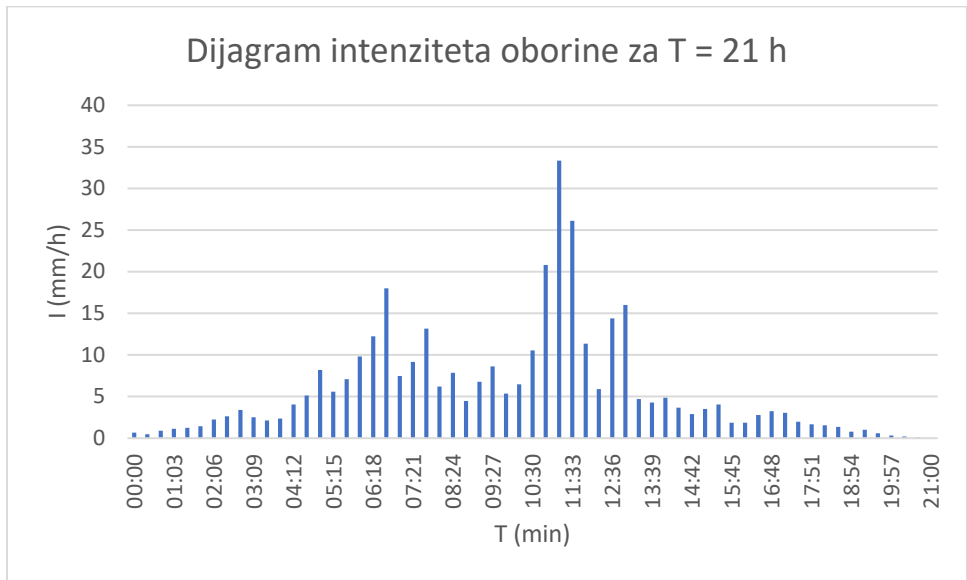
Slika 27. Dijagram intenziteta oborine za T = 12 h



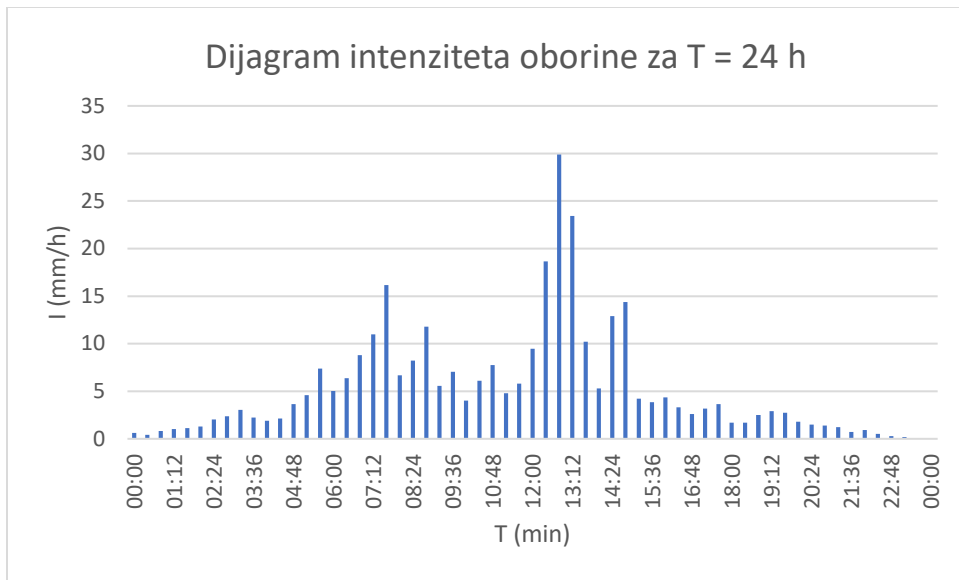
Slika 28. Dijagram intenziteta oborine za T = 15 h



Slika 29. Dijagram intenziteta oborine za T = 18 h



Slika 30. Dijagram intenziteta oborine za T = 21 h



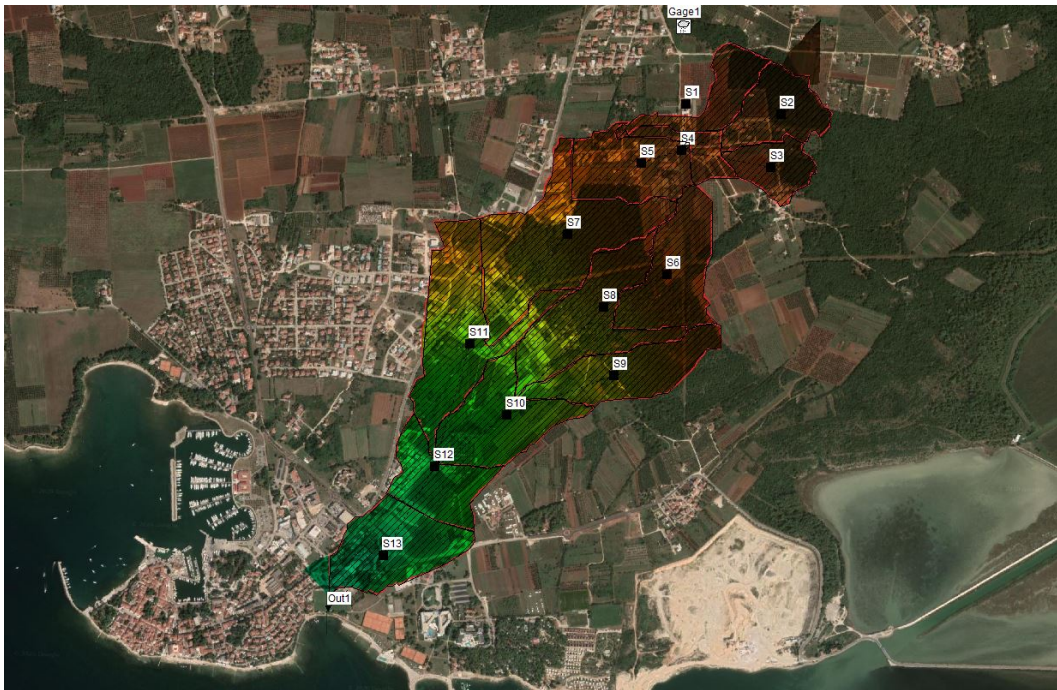
Slika 31. Dijagram intenziteta oborine za T = 24 h

Tablica 14. Ulazni podaci za hidrološko hidraulički proračun – intenziteti oborine za različita trajanja

T = 1 h	i (mm/h)	T = 2h	i (mm/h)	T = 3h	i (mm/h)	T = 4h	i (mm/h)	T = 5h	i (mm/h)	T = 6h	i (mm/h)	T = 9h	i (mm/h)	T = 12h	i (mm/h)	T = 15h	i (mm/h)	T = 18h	i (mm/h)	T = 21h	i (mm/h)	T = 24h	i (mm/h)
00:00	24.28	00:00	13.8102	00:00	9.93	00:00	6.16	00:00	5.14	00:00	4.43	00:00	1.843734	00:00	1.458682	00:00	0.891222	00:00	0.768259	00:00	0.67763	00:00	0.607813
00:01	25.85	00:02	14.70167	00:03	10.57	00:04	7.58	00:05	6.32	00:06	5.45	00:09	1.237965	00:12	0.979424	00:15	0.611792	00:18	0.527383	00:21	0.46517	00:24	0.417243
00:02	40.07	00:04	22.78927	00:06	16.38	00:08	9.08	00:10	7.57	00:12	6.53	00:18	2.068335	00:24	1.636377	00:30	1.18552	00:36	1.021954	00:42	0.901398	00:48	0.808526
00:03	64.43	00:06	36.63922	00:09	26.34	00:12	10.19	00:15	8.49	00:18	7.32	00:27	2.289522	00:36	1.81137	00:45	1.497524	00:54	1.290911	01:03	1.138627	01:12	1.021313
00:04	81.77	00:08	46.50124	00:12	33.43	00:16	11.36	00:20	9.47	00:24	8.17	00:36	2.966598	00:48	2.347043	01:00	1.655018	01:12	1.426676	01:24	1.258376	01:36	1.128724
00:05	119.25	00:10	67.8184	00:15	48.75	00:20	14.20	00:25	11.84	00:30	10.21	00:45	2.744952	01:00	2.171687	01:15	1.909328	01:30	1.6459	01:45	1.451739	02:00	1.302164
00:06	141.06	00:12	80.21829	00:18	57.66	00:24	12.63	00:30	10.53	00:36	9.08	00:54	3.467717	01:12	2.743507	01:30	2.965557	01:48	2.556401	02:06	2.254832	02:24	2.022513
00:07	166.54	00:14	94.7059	00:21	68.07	00:28	15.83	00:35	13.20	00:42	11.38	01:03	3.999204	01:24	3.163996	01:45	3.483474	02:06	3.002862	02:27	2.648625	02:48	2.375733
00:08	153.70	00:16	87.40601	00:24	62.83	00:32	39.41	00:40	32.86	00:48	28.33	01:12	5.332817	01:36	4.219093	02:00	4.467912	02:24	3.851477	02:48	3.397133	03:12	3.047121
00:09	319.20	00:18	181.524	00:27	130.48	00:36	30.94	00:45	25.80	00:54	22.24	01:21	7.74019	01:48	6.123702	02:15	3.288007	02:42	2.834363	03:09	2.500004	03:36	2.242425
00:10	335.10	00:20	190.5635	00:30	136.98	00:40	60.05	00:50	50.07	01:00	43.17	01:30	6.983845	02:00	5.525314	02:30	2.78345	03:00	2.399419	03:30	2.116369	04:00	1.898316
00:11	236.39	00:22	134.4319	00:33	96.63	00:44	85.49	00:55	71.29	01:06	61.45	01:39	6.258788	02:12	4.95168	02:45	3.109755	03:18	2.680704	03:51	2.364472	04:24	2.120857
00:12	287.96	00:24	163.7612	00:36	117.71	00:48	67.21	01:00	56.04	01:12	48.31	01:48	9.014805	02:24	7.132122	03:00	5.352022	03:36	4.613607	04:12	4.069358	04:48	3.650085
00:13	215.29	00:26	122.4307	00:39	88.00	00:52	22.16	01:05	18.47	01:18	15.93	01:57	8.567475	02:36	6.778214	03:15	6.741925	03:54	5.811746	04:33	5.126156	05:12	4.79877
00:14	287.96	00:28	163.7612	00:42	117.71	00:56	28.67	01:10	23.91	01:24	20.61	02:06	7.384839	02:48	5.842564	03:30	10.81149	04:12	9.319838	04:54	8.220412	05:36	7.37345
00:15	195.39	00:30	111.1158	00:45	79.87	01:00	33.66	01:15	28.07	01:30	24.20	02:15	9.531415	03:00	7.540841	03:45	7.370574	04:30	6.453666	05:15	5.604143	06:00	5.024674
00:16	181.87	00:32	103.4268	00:48	74.34	01:04	26.92	01:20	22.45	01:36	19.35	02:24	10.01364	03:12	7.922354	04:00	9.333585	04:48	8.045836	05:36	7.096699	06:24	6.365515
00:17	130.80	00:34	74.38139	00:51	53.47	01:08	116.10	01:25	96.81	01:42	83.46	02:33	11.57988	03:24	9.161501	04:15	12.90775	05:06	11.12687	05:57	9.814279	06:48	8.803098
00:18	101.46	00:36	57.69765	00:54	41.47	01:12	25.35	01:30	21.14	01:48	18.22	02:42	12.84436	03:36	10.16188	04:30	16.11365	05:24	13.89046	06:12	12.25185	07:00	10.98953
00:19	110.22	00:38	62.68305	00:57	45.06	01:16	23.64	01:35	19.71	01:54	16.99	02:51	10.54614	03:48	8.343643	04:45	23.69139	05:42	20.4227	06:39	18.01351	07:36	16.15755
00:20	93.07	00:40	52.92947	01:00	38.05	01:20	36.29	01:40	30.26	02:00	26.08	03:00	11.08009	04:00	8.766086	05:00	9.807393	06:00	8.542723	07:00	7.459555	08:00	6.688653
00:21	87.21	00:42	49.5933	01:03	35.65	01:24	17.66	01:45	14.72	02:06	12.69	03:09	15.85572	04:12	12.54436	05:15	12.07542	06:18	10.40939	07:21	9.181431	08:24	8.235453
00:22	75.27	00:44	42.80635	01:06	30.77	01:28	20.82	01:50	17.36	02:12	14.97	03:18	17.796	04:24	14.07942	05:30	17.28893	06:36	14.90359	07:42	13.14547	08:48	11.79107
00:23	52.30	00:46	29.74185	01:09	21.38	01:32	43.56	01:55	36.32	02:18	31.31	03:27	20.385	04:36	16.12773	05:45	8.175902	06:54	7.047878	08:03	6.126467	09:12	5.575974
00:24	70.17	00:48	39.90622	01:12	28.68	01:36	19.63	02:00	16.37	02:24	14.11	03:36	43.91067	04:48	34.74021	06:00	10.31493	07:12	8.891785	08:24	7.842855	09:36	7.034793
00:25	55.43	00:50	31.52462	01:15	22.66	01:40	75.93	02:05	63.31	02:30	54.58	03:45	25.47846	05:00	20.15745	06:15	5.901001	07:30	5.086844	08:45	4.486768	10:00	4.024489
00:26	59.96	00:52	34.09775	01:18	24.51	01:44	52.96	02:10	44.16	02:36	38.07	03:54	33.8068	05:12	26.74647	06:30	8.936265	07:48	7.703335	09:06	6.794602	10:24	6.094543
00:27	49.05	00:54	27.8923	01:21	20.05	01:48	98.56	02:15	82.19	02:42	70.85	04:03	23.3963	05:24	18.51013	06:45	11.35889	08:06	9.791714	09:27	8.636622	10:48	7.746777
00:28	45.72	00:56	26.00114	01:24	18.69	01:52	136.20	02:20	113.57	02:48	97.90	04:12	16.80536	05:36	13.29567	07:00	7.036308	08:24	6.065514	09:48	5.349988	11:12	4.79877
00:29	42.87	00:58	24.37691	01:27	17.52	01:56	48.02	02:25	40.04	02:54	34.52	04:21	19.04164	05:48	15.06492	07:15	8.506355	08:42	7.332739	10:09	6.467723	11:36	5.801344
00:30	34.90	01:00	19.84652	01:30	14.27	02:00	16.70	02:30	13.93	03:00	12.01	04:30	53.52686	06:00	42.34812	07:30	13.90034	09:00	11.8252	10:30	10.56899	12:00	9.004007
00:31	36.79	01:02	20.91992	01:33	15.04	02:04	18.55	02:35	15.47	03:06	13.34	04:39	30.53519	06:12	24.15811	07:45	27.37423	09:18	23.59742	10:51	20.81373	12:24	18.66925
00:32	32.23	01:04	18.32754	01:36	13.17	02:08	15.02	02:40	12.53	03:12	10.80	04:48	38.30422	06:24	30.30463	08:00	43.84748	09:36	37.79787	11:12	33.339	12:48	29.90403
00:33	27.75	01:06	15.77991	01:39	11.34	02:12	13.41	02:45	11.19	03:18	9.64	04:57	66.89136	06:36	52.92154	08:15	34.35943	09:54	29.61888	11:33	26.12485	13:12	23.43317
00:34	30.54	01:08	17.36614	01:42	12.48	02:16	10.77	02:50	8.98	03:24	7.74	05:06	27.50339	06:48	21.75948	08:30	14.9572	10:12	12.89356	11:54	11.37256	13:36	10.20083
00:35	22.71	01:10	12.9133	01:45	9.28	02:20	11.93	02:55	9.94	03:30	8.57	05:15	15.0646	07:00	11.91845	08:45	7.779677	10:30	6.70632	12:15	5.915201	14:00	5.305749
00:36	20.91	01:12	11.88838	01:48	8.55	02:24	9.65	03:00	8.05	03:36	6.94	05:24	22.02986	07:12	17.42907	09:00	18.93642	10:48	16.32378	12:36	14.39812	14:24	12.91466
00:37	19.41	01:14	11.03884	01:51	7.93	02:28	8.04	03:05	6.70	03:42	5.78	05:33	14.27993	07:24	11.29766	09:15	21.06399	11:06	18.1578	12:57	16.01579	14:48	14.36566
00:38	17.80	01:16	10.11985	01:54	7.27	02:32	7.10	03:10	5.92	03:48	5.10	05:42	13.60883	07:36	10.76671	09:30	6.170642	11:24	5.319283	13:18	4.691787	15:12	4.208385
00:39	16.08	01:18	9.14708	01:57	6.57	02:36	8.58	03:15	7.15	03:54	6.17	05:51	12.18926	07:48	9.643615	09:45	5.65295	11:42	4.873016	13:39	4.298165	15:36	3.855318
00:40	14.75	01:20	8.389581	02:00	6.03	02:40	6.65	03:20	5.55	04:00	4.78	06:00	8.174884	08:00	6.467612	10:00	6.387352	12:00	5.506094	14:00	4.856561	16:00	4.356182
00:41	13.71	01:22	7.796223	02:03	5.60	02:44	5.77	03:25	4.81	04:06	4.15	06:09	6.640128	08:12	5.25338	10:15	4.833499	12:18	4.166625	14:21	3.675104	16:24	3.296452
00:42	12.34	01:24	7.020048	02:06	5.05	02:48	4.15	03:30	3.46	04:12	2.98	06:18	5.065795	08:24	4.007837	10:30	3.808201	12:36	3.282786	14:42	2.895528	16:48	2.597197
00:43	11.39	01:26	6.477319	02:09	4.66	02:52	4.94	03:35	4.12	04:18	3.55	06:27	5.646805	08:36	4.467506	10:45	4.642452	12:54	4.001936	15:03	3.529843	17:12	3.166157
00:44	10.23	01:28	5.815206	02:12	4.18	02:56	5.34	03:40	4.45	04:24	3.84	06:36	5.93402	08:48	4.694738	11:00	5.352022	13:12	4.613607	15:24	4.069358	17:36	3.650085
00:45	9.30	01:30	5.289882	02:15	3.80	03:00	4.50	03:45	3.75	04:30	3.23	06:45</											

6.1. SWMM program

Jedan od najčešće korištenih simulacijskih modela za proračun otjecanja sa urbanih slivova je programski paket SWMM (www.epa.gov). To je fizički baziran model, kod kojeg se prostorna neravnomjernost postiže podjelom na podslivove. Pomoću SWMM-a se može vršiti hidrološko i hidrauličko modeliranje, kao i proračun kvaliteta kišnog otjecanja. U programu postoje tri modela za proračun infiltracije (Hortonova jednadžba, metoda Grin-Ampt i metoda SCS), dok se tečenje u mreži može simulirati modelima ustaljenog tečenja, kinematičkog i dinamičkog vala. EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički, fizički baziran model kojim se simulira proces transformacije padalina u otjecaj. Može se koristiti za simulaciju jednog događaja ili za kontinuiranu simulaciju količine i kvaliteta otjecanja, primarno sa urbanih površina. Program je podjeljen na komponente (metode proračuna) kojima se modeliraju određene faze procesa, kao što je površinski otjecaj ili tečenje u cjevima (Rossman, 2004). Program će se koristiti za daljnje hidrauličke proračune uz kombinaciju Excel Microsoft i QGIS programa. Na Slici 32. prikazan je model analiziranog područja izrađenog u SWMM programu na podlozi iz programa QGIS.



Slika 32. Model terena izrađen u SWMM programu

Model se sastoji od velikog sliva ukupne površine 1183405 m² podijeljenog na 13 manjih podslivova imenovanih oznakom "S" i brojevima od 1 – 13, radi jednostavnosti proračuna. Sva oborina pristiže na podslivove iz kišomjera postavljenog sjeverozapadno od analizirane slivne površine, kišomjer Gage1. Oborina prolazi kroz podslivove te otječe u izlaz Out 1 postavljen na granici kopnenog i pomorskog dobra. Dužina toka vode iznosi 5760 m. Podslivovi su u programu okarakterizirani CN vrijednostima, postotkom nepropusnih površina, nagibima, širinama te vrijednostima početnih gubitaka, proračunatih na temelju prethodne analize pokrova zemljišta za svako pojedino stanje. Karakteristike svakog pojedinog sliva za postojeće i buduće stanje pokrova prikazane su u Tablicama 15. i 16.

Tablica 15. Karakteristike slivova za postojeće stanje pokrova

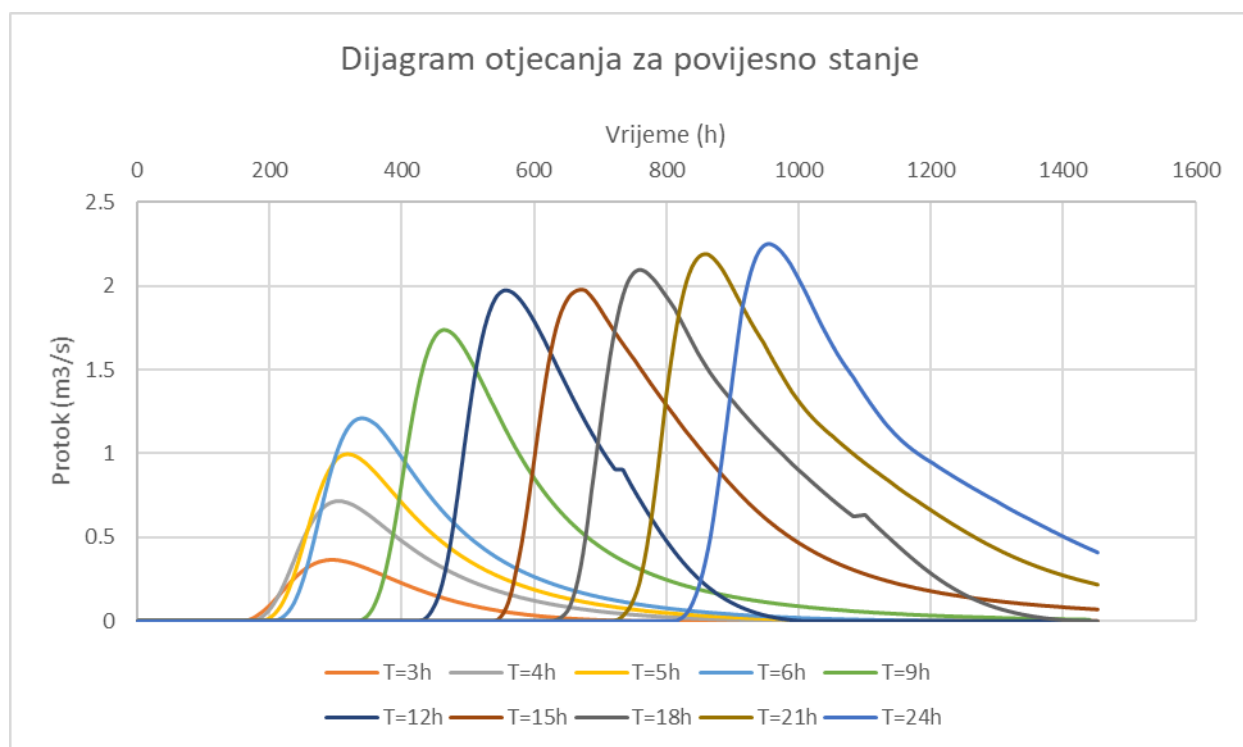
Sliv	Površina sliva	Nagib sliva	Postotak nepropusnih površina	CN vrijednost
S1	57190.037 m ²	3%	4.5%	65.2
S2	75170.734 m ²	5%	11.1%	63.6
S3	49546.417 m ²	2.90%	11.7%	64.8
S4	30099.348 m ²	0.50%	11.0%	69.9
S5	97406.131 m ²	3.10%	19.2%	67.0
S6	112873.512 m ²	6.87%	0.0%	64.1
S7	202059.672 m ²	10.94%	13.7%	63.5
S8	136343.538 m ²	4.82%	6.3%	62.5
S9	101685.457 m ²	6.31%	0.0%	66.7
S10	114116 m ²	2.75%	23.6%	71.7
S11	167424 m ²	4.90%	19.2%	66.2
S12	77033.989 m ²	1.41%	31.9%	68.6
S13	112997.717 m ²	1.67%	42.6%	66.0

Tablica 16. Karakteristike slivova za buduće stanje pokrova

Sliv	Površina sliva	Nagib sliva	Postotak nepropusnih površina	CN vrijednost
S1	57190.037 m ²	3%	13.5%	67.4
S2	75170.734 m ²	5%	13.6%	64.0
S3	49546.417 m ²	2.90%	11.7%	64.8
S4	30099.348 m ²	0.50%	17.8%	70.6
S5	97406.131 m ²	3.10%	33.2%	70.9
S6	112873.512 m ²	6.87%	0.3%	64.1
S7	202059.672 m ²	10.94%	20.8%	65.4
S8	136343.538 m ²	4.82%	9.4%	63.8
S9	101685.457 m ²	6.31%	0.0%	66.7
S10	114116 m ²	2.75%	22.4%	70.4
S11	167424 m ²	4.90%	46.0%	75.0
S12	77033.989 m ²	1.41%	63.3%	74.4
S13	112997.717 m ²	1.67%	51.3%	70.0

6.2. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja povijesnog stanja područja

Analiza povijesnog stanja područja rađena je na temelju procjene količine pojedinih pokrova zemljišta, za projektne pljuskove u trajanju od 3 h, 4 h, 5 h, 6 h, 9 h, 12 h, 15 h, 18 h, 21 h, 24 h. Pokrov zemljišta okarakteriziran je većinom propusnim površinama s pripadajućim CN vrijednostima u ovisnosti o tipu pokrova (mješovita šuma i livada, grmolika vegetacija, oranice). Provedene su analize za različita trajanja oborine te je za trajanje oborine od 24 h dobivena maksimalna vrijednost protoka koja otječe na izlaz Out 1 u iznosu od 2.27 m³/s. Za sva trajanja u vremenu manjem od 3 h, protok je neznatno mali. Rezultati su prikazani grafički na Slici 33.

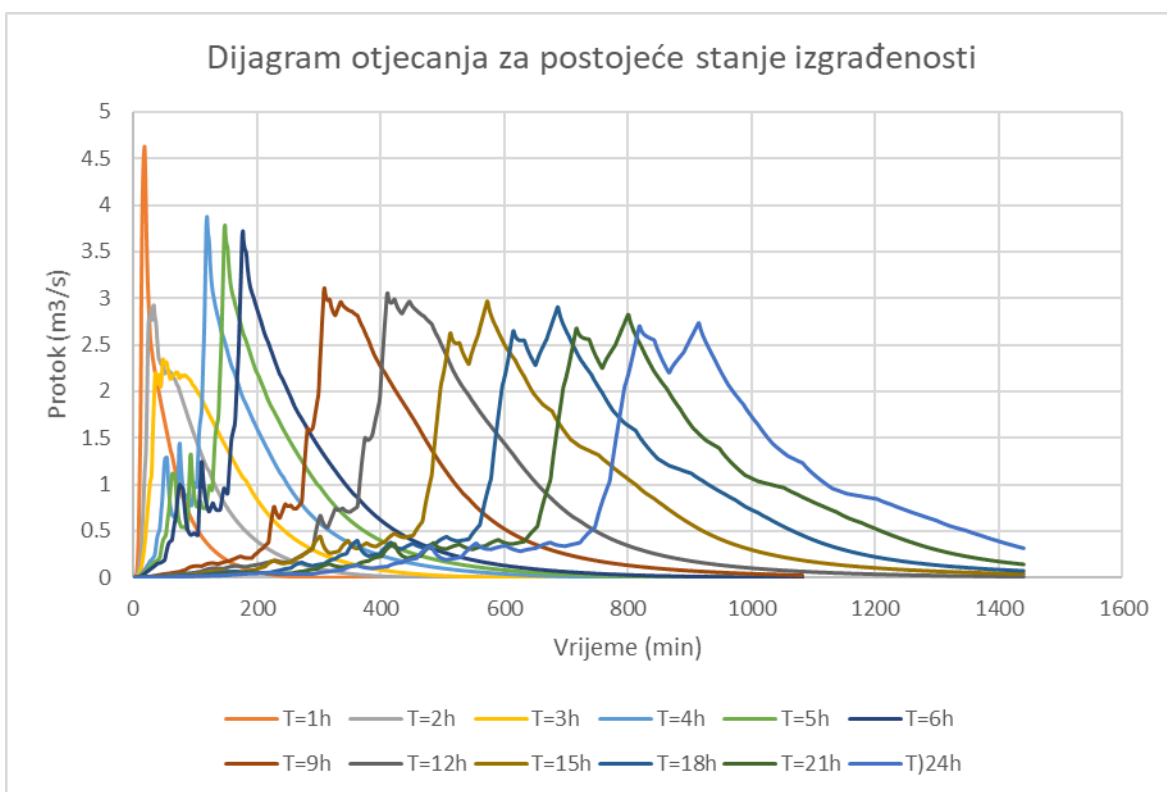


Slika 33. Dijagram otjecanja za povijesno stanje izgrađenosti

6.4. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja postojećeg stanja područja

Analiza postojećeg stanja područja rađena je na temelju prethodne analize pokrova zemljišta u QGIS programu, za projektne pljuskove u trajanju od 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h, 6 h, 9 h, 12 h, 15 h, 18 h, 21 h, 24 h za povratni period od 50 godina. Podslivovi postojećeg stanja

definirani su CN vrijednostima i postocima nepropusnih površina na temelju terenskog i kartografskog izvida. Rezultati su prikazani grafički na Slici 34.



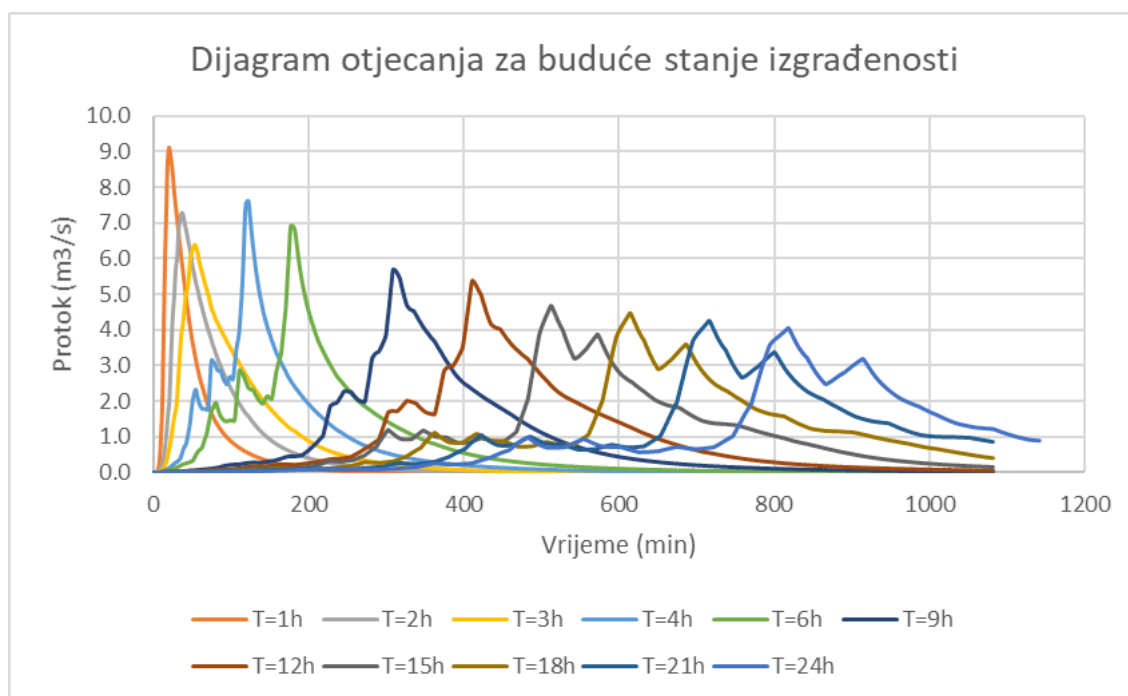
Slika 34. Dijagram otjecanja za postojeće stanje izgrađenosti

Za trajanje oborine od 1 h dobivena je maksimalna vrijednost protoka koja otječe na izlaz Out 1 u iznosu od 4.62 m³/s što prikazuje uvećanje od 50% u odnosu na povijesno stanje. Vrijednosti protoka za ostala trajanja kreću se u iznosima od 0.5 –4 m³/s.

6.4. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja budućeg stanja područja

Analiza budućeg stanja područja rađena je na temelju prethodne analize pokrova zemljišta u QGIS programu, čije su karakteristike ocijenjene prema detaljnom planu uređenja Zone Marketi, Grada Novigrada. Analiza se provela za projektne pljuskove u trajanju od 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 6 h, 12 h, 16 h za povratni period od 50 godina. Naspram analize postojećeg stanja, u analizi budućeg stanja došlo je do promjene u karakteristikama terena svakog

pojednog podsliva. S obzirom na porast količine novoizgrađenih objekata od 17% naspram postojećeg stanja, pokrov zemljišta na pojedinim podslivovima sastoji se više nepropusnih područja nego li u postojećem stanju. Posljedica urbanizacije pojedinih područja grada je u tome što dolazi do naglog ali i očekivanog porasta u količinama oborine koja se ne infiltrira u propusne slojeve. Rezultati su prikazani grafički na Slici 35.

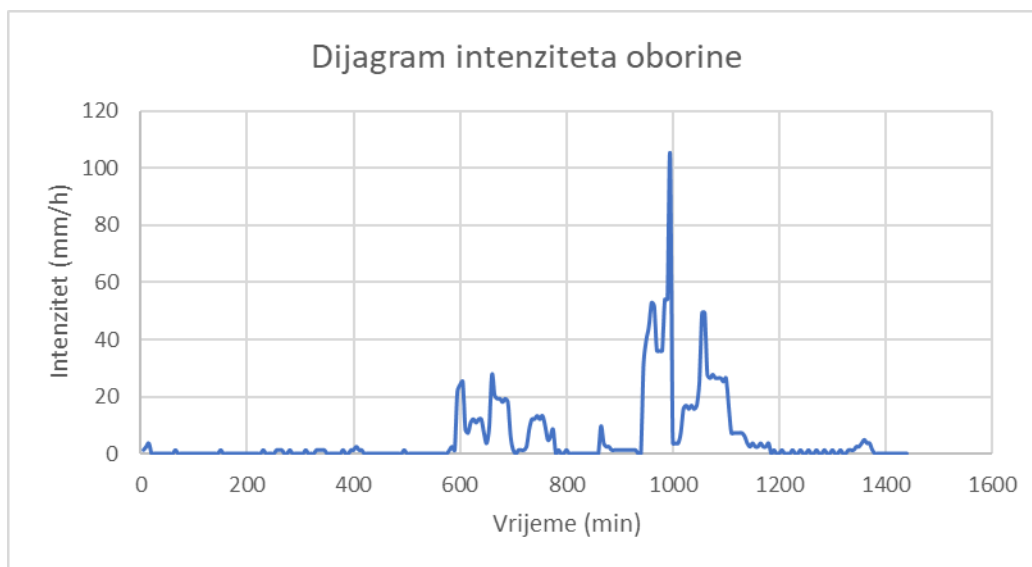


Slika 35. Dijagram otjecanja za buduće stanje izgrađenosti

Za trajanje oborine od 1 h dobivena je maksimalna vrijednost protoka koja otječe na izlaz Out 1 u iznosu od 9.12 m³/s što prikazuje znatno uvećanje u odnosu na povijesno i postojeće stanje. U odnosu na postojeće stanje uvećanje iznosi 51%. Vrijednosti protoka za ostala trajanja kreću se u iznosima od 2.5 - 8 m³/s. Kako bi se maksimalna vrijednost protoka umanjila te smanjilo opterećenje na odvodni sustav, implementirani su LID elementi na model budućeg stanja područja.

6.5. Hidrološko – hidraulička analiza otjecanja za jake povijesne oborine

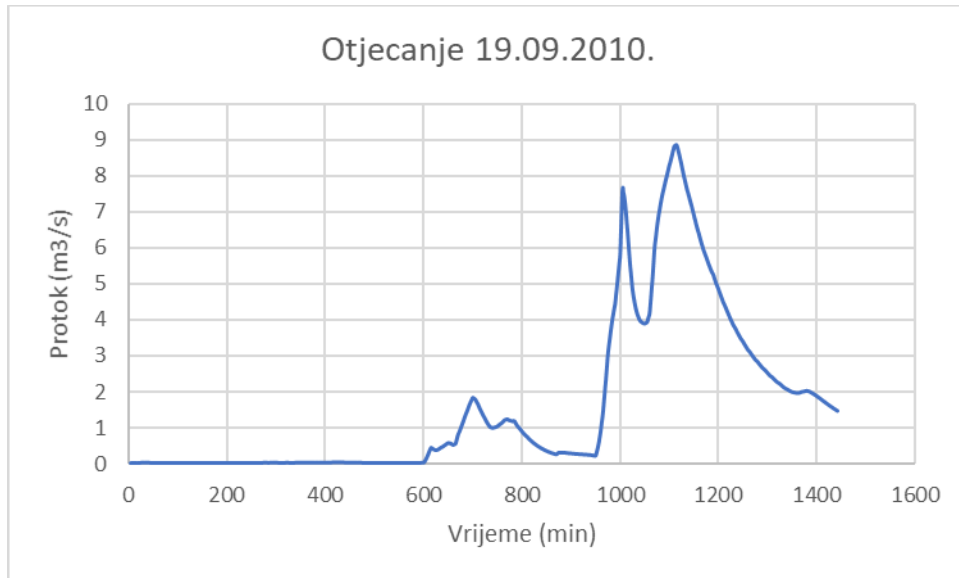
U prethodno obrađenom podnaslovu "Poplava 2010. i njezine posljedice" prikazani su rezultati obilne oborine koja je pala u Rujnu te uzrokovala neizmjerne štete određenih građevina. Spomenuta oborina analizirala se u SWMM programu koristeći podlogu postojećeg stanja izgrađenosti. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa OMS Celega i prikazani su u 5 – minutnim razmacima za 1/10 mm. Za potrebe analize, podaci o oborini su se pretvorili u milimetre. Grafički prikaz intenziteta oborine na navedeni dan prikazan je na Slici 36. Ukupna dnevna oborina koja je zabilježena na OMS postaji Celega toga dana iznosila je 133 mm.



Slika 36. Dijagram intenziteta oborine na dan 19.09.2010.

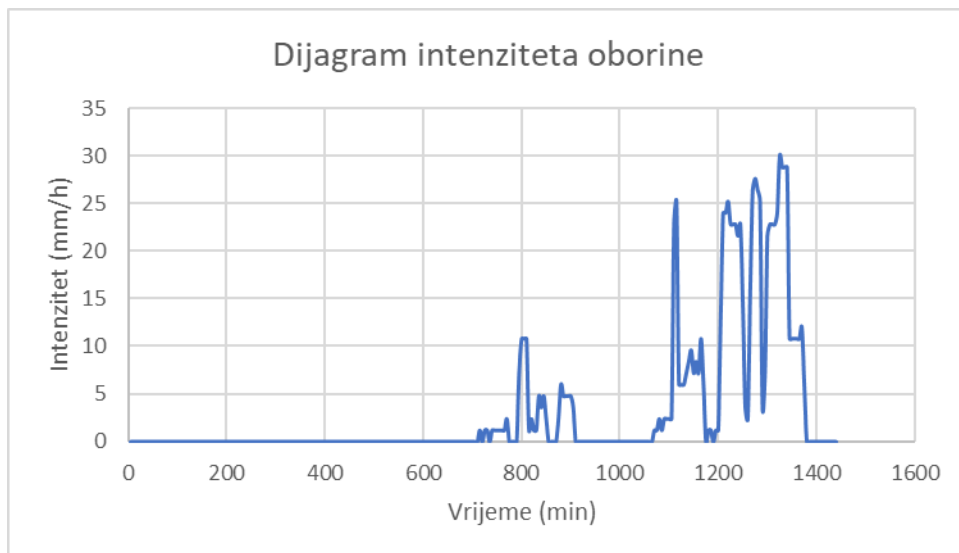
Iz dijagrama je jasno vidljivo kako je oko 17 h bio najveći intenzitet oborine u iznosu od 104.4 mm/h.

Na Slici 37. grafički je prikazano otjecanje koristeći podatke iz dana 19.09.2010. Vršna vrijednost protoka iznosila je 8.96 m³/s.



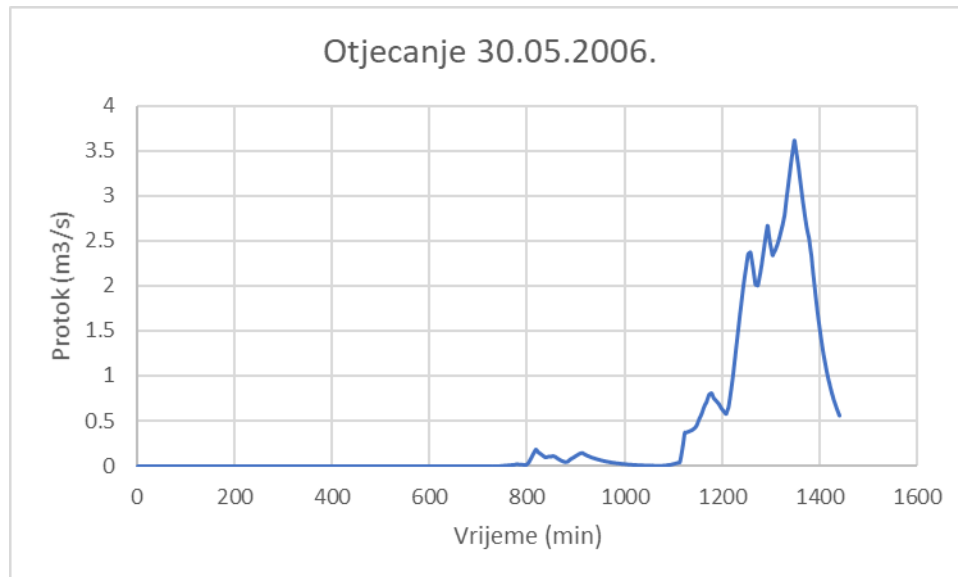
Slika 37. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 19.09.2010.

Najveća količina protoka vode toga dana kreće se u radoblju od 900 minuta čija se vršna vrijednost pojavljuje u 1100. minuti te lagano počinje opadati prema 1600. minuti. Analizi povijesno značajnih oborina pridodane su i oborine pale na dan 30.05.2006. gdje je ukupna oborina iznosila 745 mm te na dan 21.06.2009. gdje je ukupna oborina iznosila 942 mm. Grafički prikaz intenziteta oborine na dan 30.05.2006. prikazan je na Slici 38. Ukupna dnevna oborina koja je zabilježena na OMS postaji Celega toga dana iznosila je 745 mm.



Slika 38. Dijagram intenziteta oborine na dan 30.05.2006.

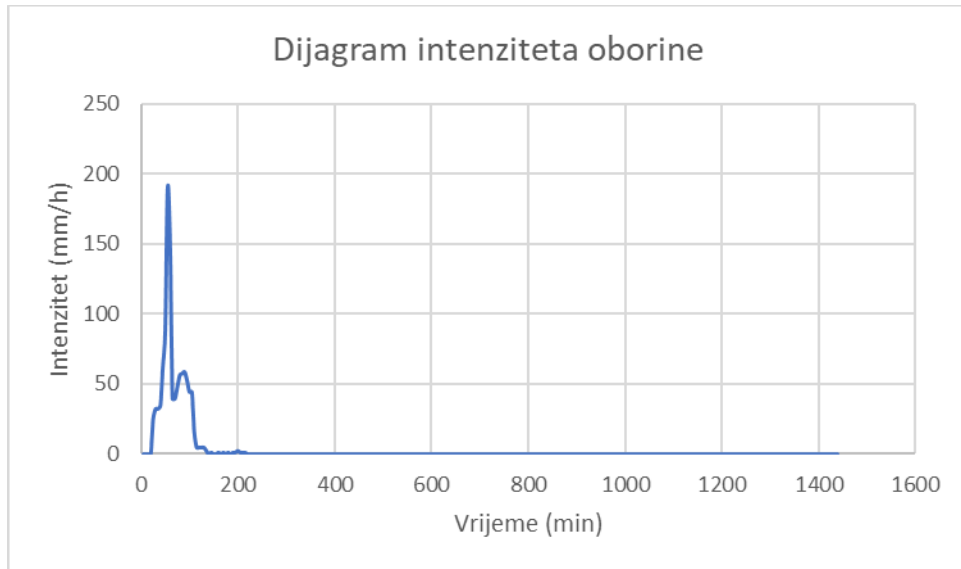
Iz dijagrama je jasno vidljivo kako je oko 23 h bio najveći intenzitet oborine u iznosu od 30 mm/h. Na Slici 39. grafički je prikazano otjecanje koristeći podatke navedenog dana. Vršna vrijednost protoka iznosila je 3.6 m³/s.



Slika 39. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 30.05.2006.

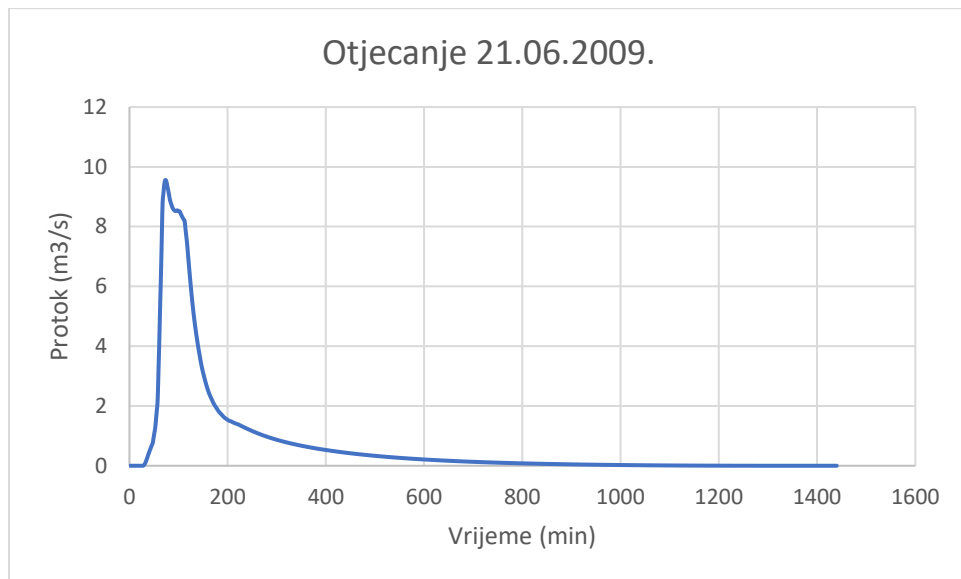
Najveća količina protoka vode toga dana kreće se u radoblju od 1200 minuta čija se vršna vrijednost pojavljuje u 1350. minuti te naglo počinje opadati prema 1500. minuti.

Grafički prikaz intenziteta oborine na dan 21.06.2009. prikazan je na Slici 40. Ukupna dnevna oborina koja je zabilježena na OMS postaji Celega toga dana iznosila je 942 mm.



Slika 40. Dijagram intenziteta oborine na dan 21.06.2009.

Iz dijagrama je jasno vidljivo kako je oko 1 h bio najveći intenzitet oborine u iznosu od 190 mm/h. Na Slici 41. grafički je prikazano otjecanje koristeći podatke navedenog dana. Vršna vrijednost protoka iznosila je 9.42 m³/s.



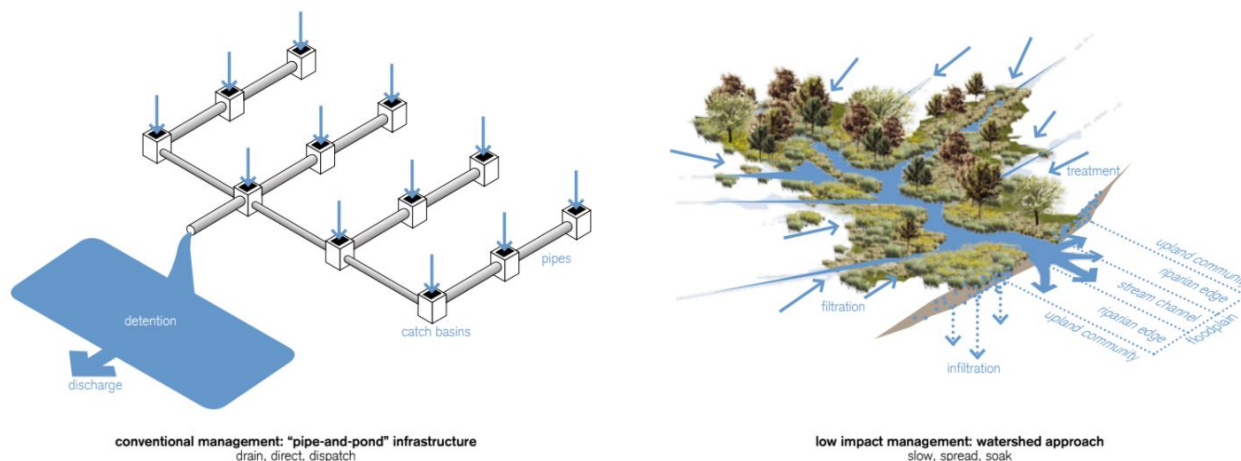
Slika 41. Dijagram otjecanja povijesne oborine na dan 21.06.2009.

Najveća količina protoka vode toga dana kreće se u radoblju od 30 minuta čija se vršna vrijednost pojavljuje u 90. minuti te naglo počinje opadati prema 200. minuti.

7.ODRŽIVI SUSTAV ODVODNJE OBORINSKIH VODA- LID ELEMENTI

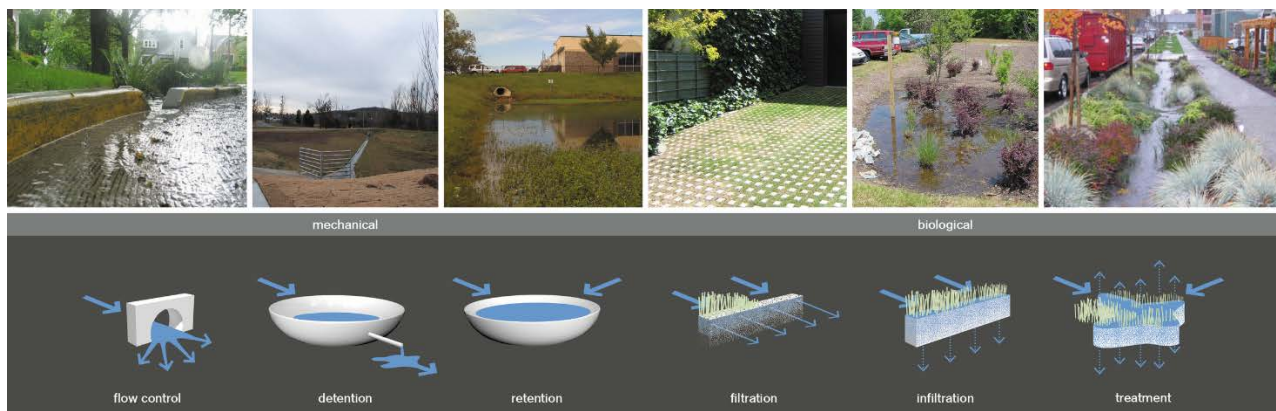
7.1. Općenito o LID pristupu

LID (Low Impact Development) sustav je koji opisuje upravljanje otjecanja oborinskih voda uz inženjersku primjenu zelene infrastrukture (lagune za retenciju i akumulaciju, zeleni krovovi, propusni kolnici, kišni vrtovi, podzemne retencije, pješčani filteri itd.). Sustav obuhvaća tehnička rješenja koja se temelje na zadržavanju ili retardaciji, akumulaciji, mehaničkoj i biološkoj filtraciji, infiltraciji oborinskog otjecanja, pojačanoj evapotranspiraciji, korištenju oborinskih voda te posebnom oblikovanju prostora. Na Slici 42. shematski je prikazana razlika između standardnog i održivog sustava odvodnje.



Slika 42: Shema standardnog i održivog sustava odvodnje (UACDC, 2010.)

LID ima višestruke prednosti, kao što su zaštita staništa životinja, poboljšanje upravljanja otjecanjem i poplavama te smanjenje nepropusnih površina. Uz prednosti sustava nalaze se i nedostaci u vidu nedostatka pogodnih mjesta za primjenu elemenata LID infrastrukture, nedostatak znanja o LID tehnologiji, česta nepravilna mišljenja o visini troškova održavanja i zbrinjavanja sustava. Model funkcioniranja LID sustava prikazan je na Slici 43.



Slika 43: Model funkcioniranja LID infrastrukture, redom: kontrola protoka; zadržavanje vode; retencija; filtracija; infiltracija; tretiranje (UACDC, 2010.)

7.2. Primjena LID elemenata na modelu budućeg stanja izgrađenosti Grada Novigrada

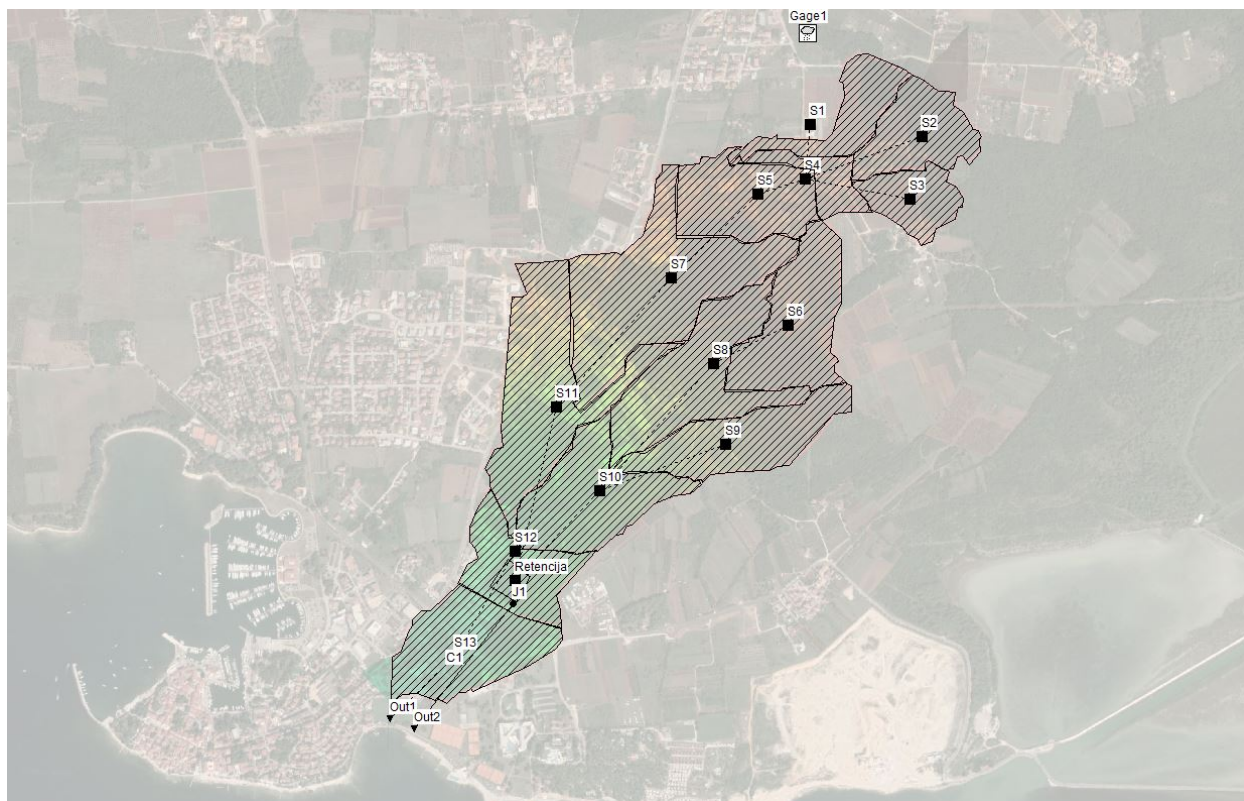
Usporedbom rezultata otjecanja povijesnog, sadašnjeg i budućeg razdoblja, dolazimo do zaključka kako se sa povećanjem količine izgrađenosti zemljišta, povećavaju i količine protoka oborinske vode. Povećanjem urbanizacije područja, neizbježno dolazi do smanjenja propusnosti istog tj. do povećanja nepropusnosti terena. Takve situacije zahtjevaju zahvate u pogledu smanjenja protoka i opterećenja na postojeći kanalizacijski sustav, kako ne bi došlo do poplavlivanja područja i u slučaju ovog Rada, do ponavljanja velike vremenske nepogode i poplave iz 2010.godine.

Hidrološke analize uz primjenu LID elemenata u ovom Radu rađene su za buduće stanje izgrađenosti. Kako bi se umanjila maksimalna vrijednost protoka koja otječe na izlaz Out1, primjenjeni su LID elementi – zeleni krovovi (Green Roof) na novoizgrađene zgrade te jedna velika infiltracijska retencija (Infiltration Trench). Dimenzije postavljenih LID elemenata vidljive su u Tablici 17.

Tablica 17. Dimenzije postavljenih LID elemenata

ZELENI KROVOVI	
Visina berme (mm)	50
Debljina sloja tla (mm)	100
Debljina drenažnog sloja (mm)	150
INFILTRACIJSKA RETENCIJA	
Tlocrtna površina (m ²)	5000
Visina berme (mm)	500
Debljina drenažnog sloja (mm)	2000
Broj postavljenih izlaznih cijevi (kom)	2
Promjer izlaznih cijevi (mm)	300
Koeficijent otjecanja (mm ^{0.5} /h)	8.6

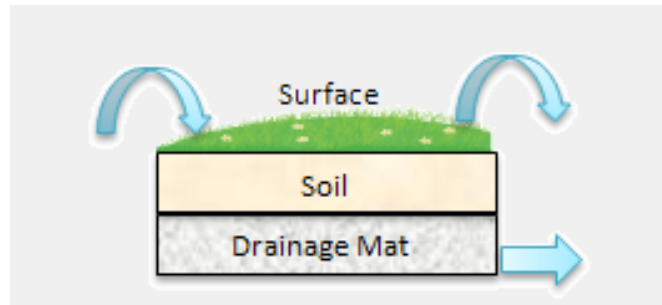
Visina berme zelenih krovova postavljena je na 50 mm, debljina sloja tla na 100 mm i debljina drenažnog materijala 150 mm. Visina berme retencije postavljena je na 500 mm, debljina drenažnog sloja 2000 mm te koeficijent otjecanja na temelju proračuna postavljen je na vrijednost od 8.6 mm^{0.5}/h. Koeficijent otjecanja računa se na temelju promjera postavljenih cijevi gdje su u analiziranom slučaju postavljene 2 cijevi promjera 300 mm. Ostali parametri su programski određene vrijednosti i kao takve zadovoljavaju potrebe proračuna. Model budućeg stanja uz primjenu LID elemenata, prikazan je na Slici 44.



Slika 44: Prikaz budućeg stanja uz primjenjene LID elemente

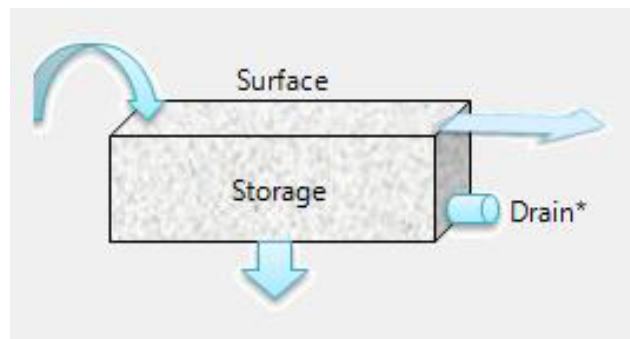
Za potrebe analize pretpostavljeno je kako se podsliv S12 (Subcatchment) nalazi nizvodno od retencije te otječe izravno u podsliv S13. Podslivovi S10 i S11 otječu izravno u retenciju kako je i shematski prikazano na Slici 25. U neposrednoj blizini retencije, postavljeno je okno (Junction – J1) iz koje voda otječe u novo postavljeno izlaz Out2 kroz cijev C1 (Conduit). Visina nivelete retencije iznosi 1.64 m i promjer cijevi C1 iznosi 1 m.

Zeleni krovovi primjenili su se na novoizgrađenim zgradama podslivova S1 u iznosu 15.8% od ukupne površine podsliva, S2 u iznosu 13.4% od ukupne površine podsliva, S4 u iznosu 25.5% od ukupne površine podsliva, S5 u iznosu 57.7% od ukupne površine podsliva, S7 u iznosu 24.8% od ukupne površine podsliva, S11 u iznosu 5% od ukupne površine podsliva, S10 u iznosu 22.1% od ukupne površine podsliva. Shematski prikaz zelenog krova vidljiv je na Slici 45.



Slika 45. Shematski prikaz zelenog krova (SWMM 5.1.)

Retencija je primjenjena na podslivu S12 i iznosi 5000 m² što je 0.7% od ukupne površine podsliva.



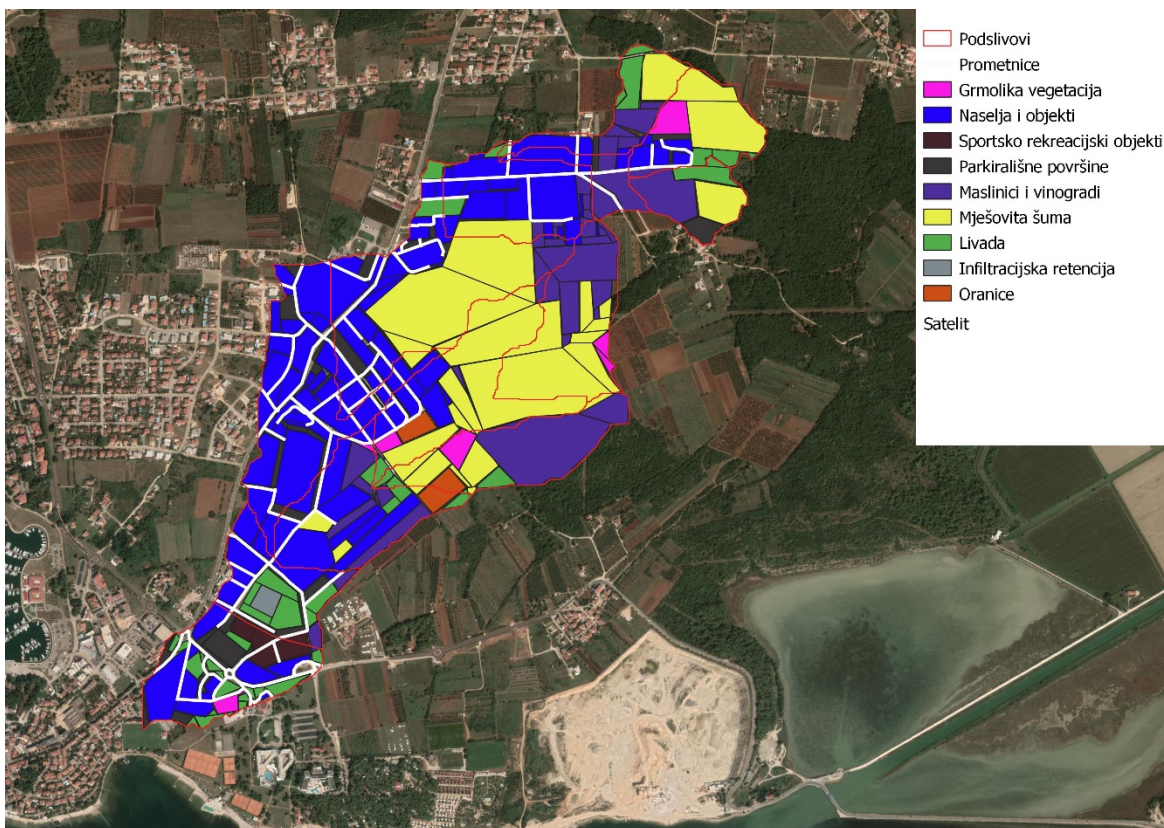
Slika 46. Shematski prikaz infiltracijske retencije (SWMM 5.1.)

Teren na koji će se primjeniti retencija prikazan je na Slici 47. Prikazano je trenutno stanje terena.



Slika 47. Teren planiran za izgradnju retencije

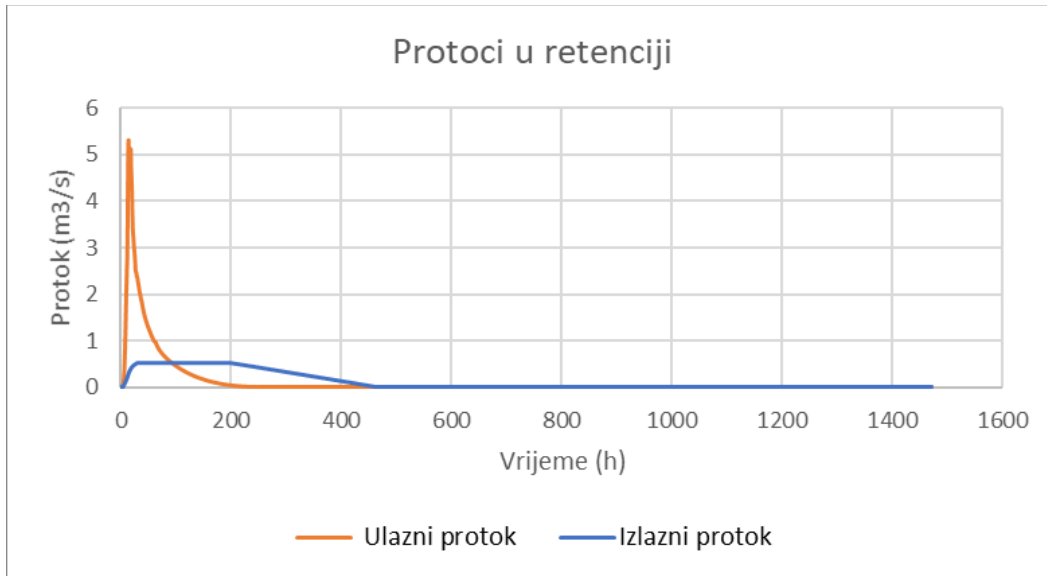
Na Slici 48. prikazana je infiltracijska retencija na DOF podlozi, izrađena u QGIS programu koristeći podlogu budućeg stanja pokrova zemljišta. Infiltracijska retencija prikazana je svojom stvarnom veličinom gdje je vidljiv njezin položaj na podslivu



Slika 48. Infiltracijska retencija prikazan na DOF podlozi budućeg stanja pokriva zemljišta

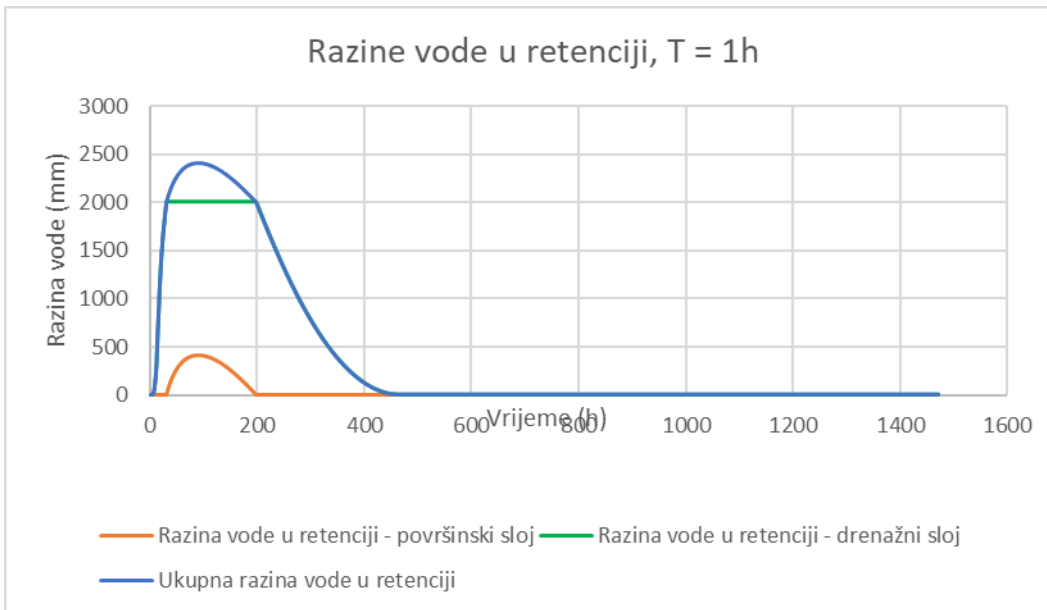
7.3. Hidrološko – hidraulička analiza budućeg stanja uz primjenu LID elemenata i njezini rezultati

Analiza budućeg stanja uz primjenu LID elemenata provela se u SWMM programu na temelju prethodno navedenih podataka. Za trajanje oborine od 1 h, na Slici 49. prikazan je odnos ulaznog i izlaznog protoka vode u retenciji.



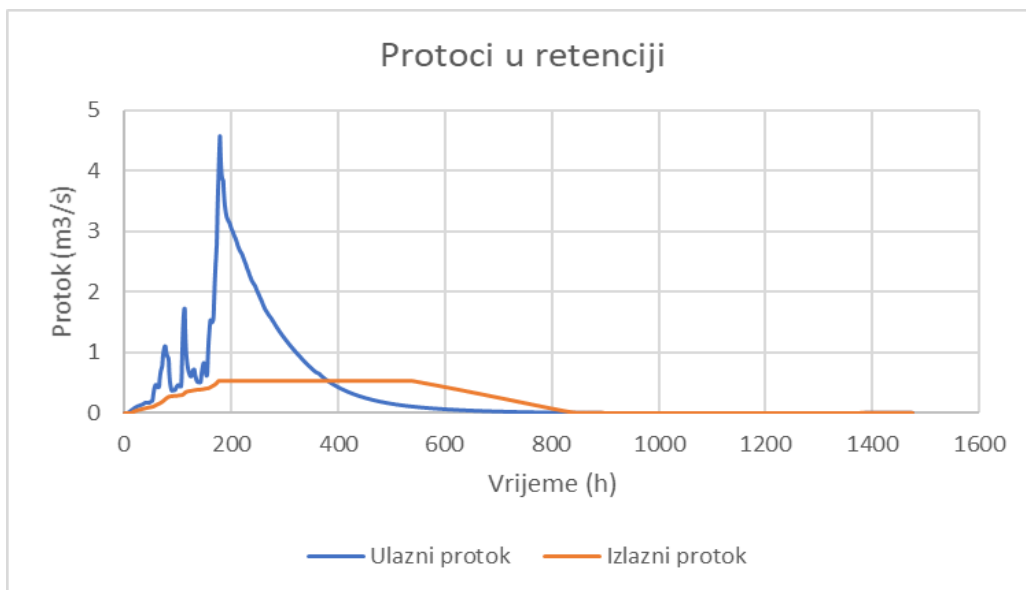
Slika 49. Dijagram ulaznog i izlaznog protoka retencije za T = 1h

Razina vode u retenciji prikazana je na Slici 50. uz prikaz količine vode u površinskom, drenažnom sloju te je prikazana ukupna količina vode u retenciji.



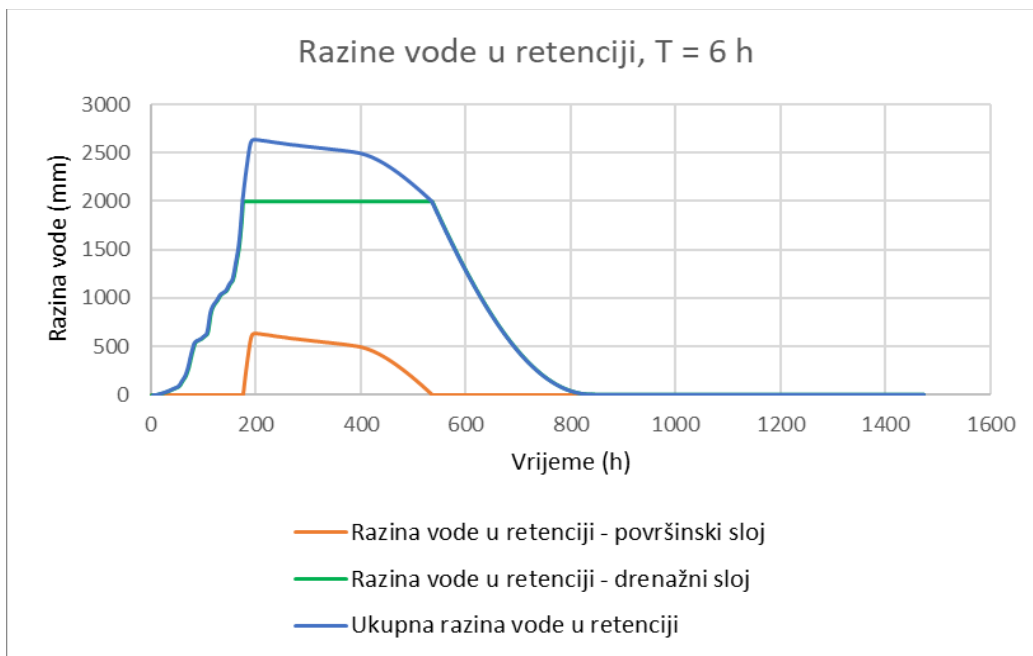
Slika 50. Dijagram razine vode u retenciji za T = 1h

Za trajanje oborine od 6 h, na Slici 51. prikazan je odnos ulaznog i izlaznog protoka vode u retenciji.



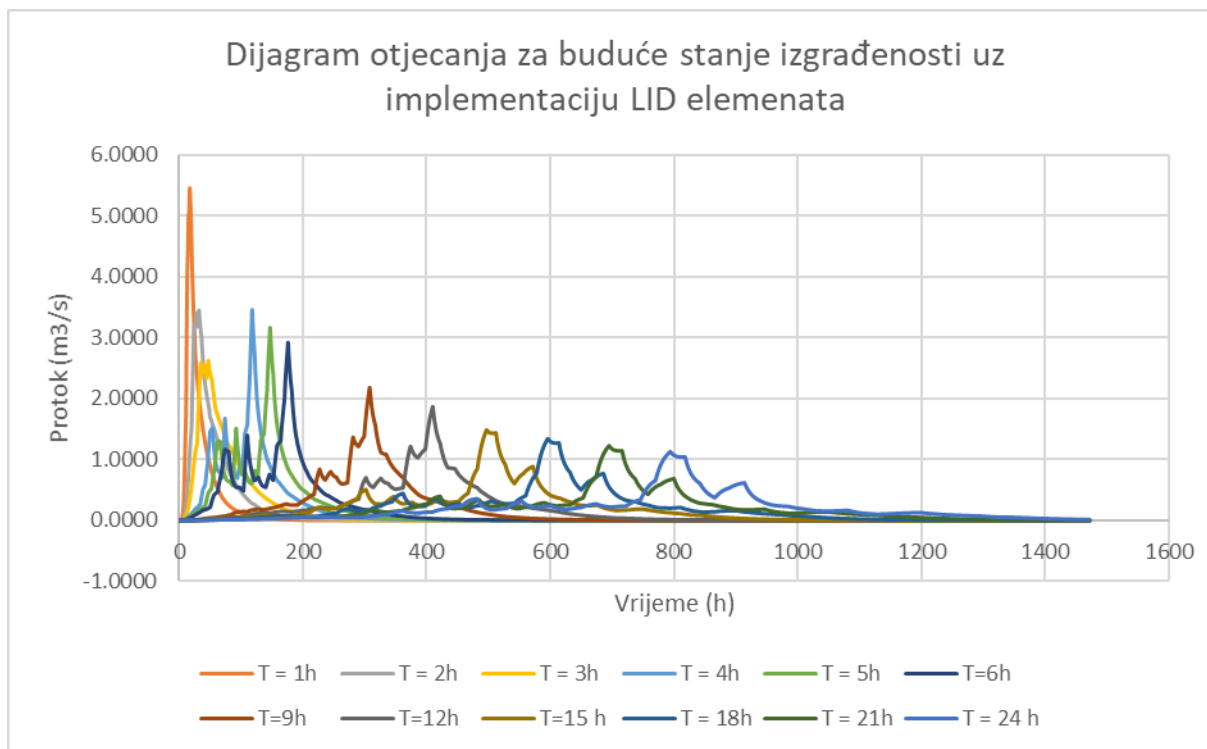
Slika 51. Dijagram ulaznog i izlaznog protoka retencije za T = 6 h

Razina vode u retenciji za trajanje od 6 h prikazana je na Slici 52. uz prikaz količine vode u površinskom, drenažnom sloju te je prikazana ukupna količina vode u retenciji.



Slika 52. Dijagram razine vode u retenciji za T = 6h

Nakon implementacije LID elemenata došlo je do značajnog smanjenja maksimalnog protoka koji otječe na izlaz Out1. Rezultati su vidljivi na Slici 53.



Slika 53. Dijagram razine vode u retenciji za T = 6 h

Maksimalni protok s izlaza Out1 smanjio se s vrijednosti od 9.12 m³/s na vrijednost od 5.45 m³/s, što je smanjenje od 40%. Izmjereni protoci prikazani su za stanje zabilježeno na nizvodnoj točki sliva. Retencija koja je predviđena za ugradnju preuzela je svu količinu oborine uzvodno od dvorane. Maksimalni protok u cijevi za oborinu od trajanja 1 h iznosi 5.45 m³/s (Slika 49.) stoga su protoci u istom iznosu ti koji nastaju na dijelu sliva nizvodno od dvorane.

7.4. Primjer uređenja infiltracijske retencije

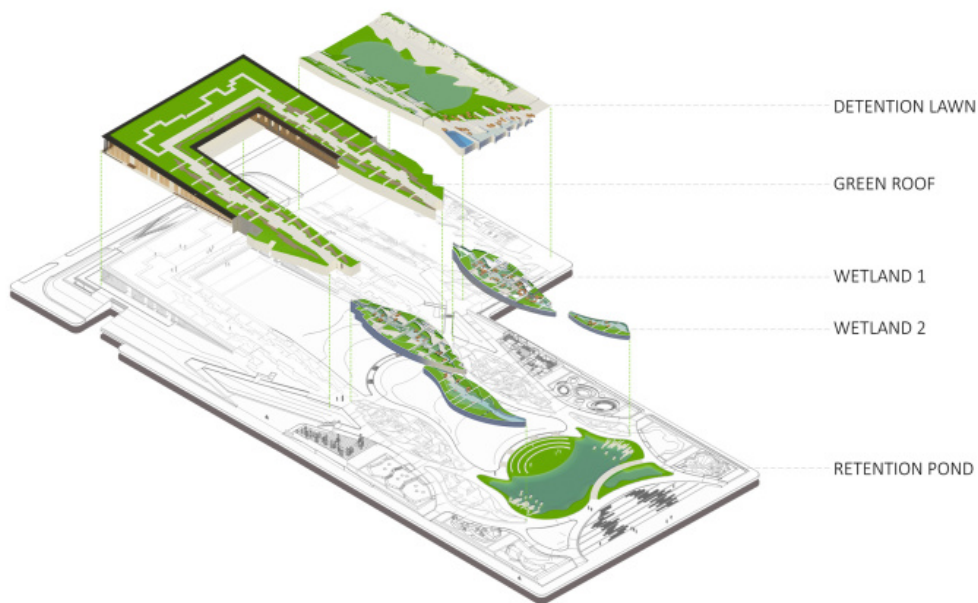
U svijetu je problematika velikih količina oborina i poplava, konstantna pojava. U svrhu sprječavanja šteta od vremenskih nepogoda, pojedine zemlje pogođene intenzivnom količinom vlage i oborina, uklopile su brojne LID elemente u postojeću infrastrukturu. Jedan

od takvih primjera je i grad Bankog, glavni grad kraljevine Tajland. Zahvaljujući nagloj urbanizaciji centralnog područja, grad je bio podložan čestim poplavama, čak i uslijed oborine u trajanju od 30 minuta (floodresilience.net). Mnogobrojni novoizgrađeni objekti blokirali su put vodi do propusnih područja. Kako bi umanjili nepropusnost područja i spriječili nastanak poplava, Tajlandski su arhitekti osmislili izgradnju velike infiltracijske retencije (parka) na području od 11 hektara nazvanog CU Park (Slika 54.).



Slika 54. CU Park u Bankoku (floodresilience.net)

Pri izgradnji parka korišteni su mnogobrojni LID elementi - travnjak za zadržavanje oborine, zeleni krov, dvije močvare, te retencijsko jezero prikazani na Slici 55.



Slika 55.LID elementi CU Parka (floodresilience.net)

Park je dizajniran da prihvati do milijun litara vode i time ima mogućnost zadržati vodu koja bi inače uzrokovala poplave. Oborina koja padne na površinu parka odvodi se javnim kanalizacijskim sustavom (floodresilience.net).

Još jedan primjer primjene LID infrastrukture u postojeću infrastrukturu može se pronaći u američkoj državi Georgiji u gradu Atlanta. Park Fourth Ward koji se proteže na 5 hektara i nalazi se u nizinskom također obiluje elementima koji povećavaju propusnost područja (beltlandia.com) (Slika 56.).



Slika 56. Fourth Ward Park u Atlanti (beltlandia.com)

U retencijsko se jezero oborina slijeva sa četiri strane gdje su postavljene mnogobrojne umjetničke značajke uključujući odvodni kanal, vodeni zid sa skulpturalnim elementima, tunel za odvođenje vode u ribnjak i ispuštanje podzemnih voda u suhi potok (beltlandia.com).

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu osmišljen je koncept primjene plavo – zelene infrastrukture na područje Grada Novigrada uz korištenje LID elemenata. LID metoda temelji se na zadržavanju ili retardaciji, akumulaciji, mehaničkoj i biološkoj filtraciji, infiltraciji oborinskog otjecanja, pojačanoj evapotranspiraciji, korištenju oborinskih voda te posebnom oblikovanju prostora.

Porastom urbanizacije Grada Novigrada na godišnjoj bazi, raste i količina vodonepropusnih površina i dolazi do pojave povećanja volumena otjecanja oborinskih voda. Prema prethodno izvedenim analizama za povijesno i postojeće stanje, vidljiv je porast količine protoka oborine, postojećeg stanja, u iznosu od 50% naspram povijesnog stanja. Dodatnim i pomnim analizama simulirano je i buduće stanje izgrađenosti Grada Novigrada te su se provele detaljne hidrološko – hidrauličke analize. Uspoređujući postojeće i buduće stanje izgrađenosti analiziranog područja dolazi do povećanja izgrađenosti u iznosu od 17% što rezultira i povećanjem broja nepropusnih površina i količine protoka oborine u iznosu od 51% naspram postojećeg stanja. U radu se predviđa kako je moguće smanjiti količinu protoka oborine primjenom zelenih krovova te jedne velike infiltracijske retencije.

Na temelju provedenih hidrološko – hidrauličkih analiza za stanje nakon primjene LID elemenata, utvrđeno je kako će doći do značajnog smanjenja u količini protoka oborine u iznosu od 40% naspram postojećeg stanja. Predviđeno je kako će infiltracijska retencija preuzeti svu količinu vodu koja padne na sliv uzvodno od sportske dvorane te će protoci nizvodno od dvorane iznositi $5.45 \text{ m}^3/\text{s}$ za oborinu od trajanja 1 h. Analizirano stanje daje zadovoljavajuće rezultate u pogledu zaštite Grada Novigrada od štetnog djelovanja vode.

9. LITERATURA

Knjige:

- Rossman, L. A., Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1, National Risk Management Laboratory Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2015.
- Rubinić, J., Lukarić, S., Rukavina, J., Inženjersko sagledavanje kratkotrajnih jakih oborina-primjer Riječkog područja, Zbornik radova, Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.
- University of Arkansas Community Design Center (UACDC), Low Impact Development (a design manual for urban areas), University of Arkansas Community Design Center, Fayetteville (Arkansas), 2010.
- United States Department of Agriculture (USDA), Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55, United States Department of Agriculture, United States, 1986.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Army Low Impact Development (LID) Planning and Cost Tool User Guide, U.S. Army Corps of Engineers-Engineer Research and Development Center, Baltimore, 2018.

Članci:

- Dietz, M.E., Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions, Water, air, and soil pollution, 186 (2007) 1-4, pp. 351-363, 2007.
- Gajić-Čapka, M., Ožanić, N., Krvavica, N., Estimation of Maximum Short-Term Precipitation Over the Rijeka Region, Elektronički Časopis Građevinskog Fakulteta Osijek, (9), 49-59, Osijek, 2014.
- Krvavica, N., Jaredić, K., Rubinić, J., Metodologija definiranja mjerodavne oborine za dimenzioniranje infiltracijskih sustava, Građevinar, 70, 657-669, 2018.

- Ožanić, N., & Hero, M., Sveučilišni kampus u Rijeci na Trsatu, Građevinar, 62(5), 377–388, 2010.

Ostali radovi:

- Blečić A., Primjena GIS-a u određivanju udjela nepropusnih površina i procjeni parametara CN prema SCS metodi, Rijeka, 2015.
- Dopuna prostornog plana uređenja Grana Novigrada – Cittanova, Službene novine Grada Novigrada – Cittanova br. 3/15
- INTERPLAN d.o.o. za ekološki inženjering, Studija o utjecaju na okoliš, sustav javne odvodnje grada Novigrada, broj 4711/04
- Istarska županija, Županijska razvojna strategija Istarske županije do 2020. godine, Službene novine Istarske županije broj 5/2018.
- Program ukupnog razvoja grada Novigrada – Cittanova za razdoblje 2015. – 2020., Grad Novigrad, 2017.
- Rubinić, J., Hidrološka analiza maksimalnih protoka vanjskih oborinskih voda Novigrada u Istri, Rijeka, 2010.
- Rubinić, J., Krvavica, N. i drugi, Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu (Projekt Rainman), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Državni hidrometeorološki zavod. Rijeka-Zagreb, 2019.

Web stranice:

- 6. Maj Odvodnja, <https://www.6maj-odvodnja.hr/odvodnja-otpadnih-voda/>, 01.04.2020
- Aminess – Saznajte sve o Novigradu, <https://www.aminess.com/hr/destinacije/saznajte-sve-o-novigradu>, pristup 28.02.2020.
- Bethlandia, <http://beltlandia.com/neighborhoods/oldfourthward/>, pristup 08.09.2020.

- Floodresilience, <https://floodresilience.net/blogs/when-bangkok-floods-and-it-floods-a-lot-this-park-does-something-amazing>, pristup 08.09.2020.
- Geoportal, <https://geoportal.dgu.hr/>, pristup 09.06.2020.
- Google karte, maps.google.hr, pristup 01.03.2020.
- HAOP, <http://www.haop.hr/hr/corine-land-cover-hrvatska-clc-hrvatska/corine-land-cover-hrvatska-clc-hrvatska>, pristup 20.04.2020.
- Novigrad.hr, http://www.novigrad.hr/hr/vijesti/novigrad_vijest/U_tijeku_je_i_zgradnja_sustava_za_zastitu_podrucja_Market_i_Lako_od_sli, pristup 07.09.2020.
- Poreština info, <https://porestina.info/bujica-razrovala-40-milijuna-kuna-vrijednu-dvoranu/>, pristup 28.02.2020.
- QGIS, <https://www.qgis.org/en/site/>, pristup 09.06.2020.
- SWMM: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>, pristup 29.5.2020.
- Scribd: <https://www.scribd.com/>, pristup
- Wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Novigrad>, pristup 05.03.2020.