

# Rekonstrukcija mosta i analiza propusta na potoku Brodec

---

Lepen, Lara

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:903478>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODRŽIVI RAZVOJ

LARA LEPEN

REKONSTRUKCIJA MOSTA I ANALIZA PROPUSTA NA POTOKU  
BRODEC

Čakovec, 2021.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODRŽIVI RAZVOJ

LARA LEPEN

REKONSTRUKCIJA MOSTA I ANALIZA PROPUSTA NA POTOKU  
BRODEC

BRIDGE RECONSTRUCTION AND FAILURE ANALYSIS ON THE  
BRODEC STREAM

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Goran Sabol, mag. ing. geoling., pred.

Komentor:

Valentino Škvorc, dipl. ing. geot.

Čakovec, 2021.

## SAŽETAK

*Potok Brodec, koji izvire u gornjem Međimurju, protječe kroz sjeveroistočni dio Međimurja, kroz grad Mursko Središće, a nakon naselja Peklenica ulijeva se u rijeku Muru. Povećanjem rijeke Mure Brodec je istisnut iz svojeg korita te je kanaliziran. Tok sadašnjeg kanala odvija se i između naselja Brodec i Vratišince, gdje se nalaze most i propust koji su predmet ovog završnog rada. Izradi projektne dokumentacije za rekonstrukciju mosta pristupilo se 2018. godine. Investitor je bila Općina Vratišinec.*

*Osim mosta, rekonstruirala se i postojeća lokalna cesta izgradnjom pješačkih staza. Za planirani zahvat provedena je parcelacija. Svrha projekta je povećanje sigurnosti povišenjem intradosa mosta za sprečavanje prelijevanja vode iz kanala Brodec tijekom velikih oborina, povišenjem dijela postojećeg nasipa te ublažavanjem nepovoljnih elemenata prometnice prilagođenom geometrijom ceste i izgradnjom pješačkih staza.*

*U ovom radu provedena je analiza stanja navedenog mosta na lokalnoj cesti u naselju Vratišinec. Rad se bavi potocima, propustima i mostovima općenito, opisano je postojeće stanje mosta na kanalu Brodec, projekt za most te hidrološki i hidraulički proračun, kao i proračun uspora.*

**KLJUČNE RIJEČI:** *most, rekonstrukcija, propust, potok Brodec, analiza, projekt*

## ABSTRACT:

*The Brodec stream, which springs in upper Međimurje, flows through the northeastern part of Međimurje, through the town of Mursko Središće, and after the settlement of Peklenica it flows into the Mura river. As the Mura River rises, Brodec is pushed out of its bed and canalized. The course of the current canal also takes place between the settlements of Brodec and Vratišinci, where there is a bridge and a culvert which are the subject of this paper. The preparation of project documentation for the reconstruction of the bridge began in 2018. The investor was the municipality of Vratišinci. Along the bridge, the existing local road was reconstructed with the construction of pedestrian paths. Parcelling was carried out for the planned project. The purpose of the project is to increase safety by increasing the intrados of the bridge to prevent water overflow from the Brodec canal during heavy rainfall, raising part of the existing embankment and mitigating unfavorable road elements adapted to the geometry of roads and construction of footpaths.*

*In this paper, an analysis of the condition of the said bridge on the local road in the settlement of Vratišinci was performed. The paper deals with streams, culverts and mostly in general, then the existing condition of the bridge on the Brodec canal is described, then the project for the bridge and the hydrological and hydraulic calculation and the calculation of deceleration.*

**KEY WORDS:** *bridge, reconstruction, omission, Brodec stream, analysis, project*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2. O PROPUSTIMA</b> .....	<b>6</b>
<b>3. POTOK BRODEC</b> .....	<b>8</b>
<b>4. MOSTOVI</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1. TEMELJNI POSTUPCI GRADNJE</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1.1. Monolitni postupak</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1.2. Montažni postupak</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2. VRSTE MOSTOVA</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2.1. Viseći most</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2.2. Lučni most</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.3. Konzolni most</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.4. Ovješeni most</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.5. Pomični most</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2.6. Gredni most</b> .....	<b>15</b>
<b>5. MOST NA POTOKU BRODEC</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1. Postojeće stanje mosta</b> .....	<b>16</b>
<b>5.2. Oblik i veličina čestice mosta</b> .....	<b>18</b>
<b>5.3. Projektirani most</b> .....	<b>20</b>
<b>5.3.1. Konstruktivni elementi</b> .....	<b>20</b>
<b>5.4. Lokacija mosta na potoku Brodec</b> .....	<b>23</b>
<b>5.4.1. Oborinska odvodnja LC20019</b> .....	<b>24</b>
<b>5.5. Vizualizacija</b> .....	<b>24</b>
<b>5.6. Hidrološki proračun</b> .....	<b>26</b>
<b>5.7. Hidraulički proračun</b> .....	<b>28</b>
<b>5.8. Proračun uspora</b> .....	<b>31</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>33</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>34</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>36</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>37</b>

## 1. UVOD

Međimurje je po konfiguraciji zemljišta i rijeka slično Mezopotamiji – okružuju ga dvije rijeke – Mura i Drava (Perhoč, 2016). Rijeke izvire u briježnom području Italije, Austrije i Slovenije. Međuriječna pozicija Međimurja odgovorna je za postojanje velikog broja rukavaca, potoka i velike količine podzemnih voda. Potok Brodec izvire u gornjem Međimurju, a protječe kroz sjeveroistočni dio, između istoimenog naselja Brodec i Vratišince (Sintagma 2018).

Potok teče kroz grad Mursko Središće, a nakon naselja Peklenica ulijeva se u rijeku Muru. U potok Brodec ulijevaju se uređeni kanali: Berek, Šperoula, Simploče, Vodenjak i kanal Pod Goricom. Povećanjem rijeke Mure Brodec se istiskuje iz svojeg korita pa je kanaliziran.

Općina Vratišinec je kao investitor pristupila izradi projektne dokumentacije za rekonstrukciju mosta preko kanala Brodec u Vratišincu (Sintagma 2018). Lokacija mosta je na k. č. br. 2162 u k. o. Vratišinec. Osim mosta rekonstruira se i postojeća lokalna cesta LC 20019, koja se nalazi na kč. br. 2156 i 2146 u k. o. Vratišinec, izgradnjom pješačkih staza. Za planirani zahvat provedena je parcelacija. Nova čestica za most formirana je od čestice broj 2162, u katastarskoj općini Vratišinec, ukupne površine  $P = 462,67 \text{ m}^2$ . Geodetsku podlogu za projektiranje snimio je ovlašteni geodetski ured „RTK inženjering“ d.o.o. iz Čakovca. Prostor je snimljen u apsolutnim koordinatama.

Svrha opisanog projekta je povećanje sigurnosti povišenjem intradosa mosta za sprečavanje prelijevanja vode iz kanala Brodec tijekom velikih oborina, povišenjem dijela postojećeg nasipa te ublažavanjem nepovoljnih elemenata prometnice prilagođenom geometrijom ceste i izgradnjom pješačkih staza.

U ovom završnom radu analizirat će se stanje mosta na lokalnoj cesti LC20019 koja se nalazi u naselju Vratišinec. Nakon uvodnog poglavlja slijedi općeniti dio o potocima, propustima i mostovima te općenite informacije o potoku Brodec. Sljedeće, središnje poglavlje bavi se mostom na potoku Brodec – opisuje se postojeće stanje, čestica, projekt i lokacija mosta te hidrološki i hidraulički proračun, kao i proračun uspora. Posljednje poglavlje posvećeno je zaključnim razmatranjima.

## 2. O PROPUSTIMA

Propusti su manji građevinski objekti koji služe za propuštanje potoka, kanala, oborinskih voda i sl. kroz tijelo prometnice, ali mogu služiti i za prolaz manje opterećene (najčešće seoske) ceste, pješačke staze ili stočne putove (Hrvatska enciklopedija, n. d.). Svrstava ih se u manje mostove koji imaju otvor do pet metara. Prema načinu gradnje propusti mogu biti izvedeni u obliku malog mosta (okvirni propust), pločastog propusta ili cijevnog propusta, a kao poseban tip propusta postoji svođeni propust (Institut IGH, 2010). Položaj i veličina otvora propusta ovisi o odnosu tijela prometnice i okolnog ozemlja te namjene, odnosno količine vode, koju treba propustiti. Takvi su, primjerice, pločasti propusti mostova koji imaju ograničenu veličinu otvora, raspona do 10 metara. To su obično tipske građevine zbog učestale primjene. Propusti mogu biti zidani, betonski, armiranobetonski ili metalni. Nekada su najčešće bili građeni od drva, kamena i čelika, a danas je to monolitno ili polumontažno izvedena armiranobetonska konstrukcija. Dakle, izvode se od gotovih elemenata ili kombinirano. Tok ispod takvih propusta odvija se slobodnim vodnim licem<sup>1</sup>.

Cijevni propusti izvode se kao cijevi, što im i samo ime govori. Takav je tip propusta najizvođeniji zbog vrlo jednostavne gradnje, no samo ukoliko je visina nasipa veća od 0,8 metara (mjeri se od gornje površine cijevi do površine planuma na najnižem mjestu). Cijevni propusti izrađuju se od betona, montažnih A.B cijevi<sup>2</sup>, čeličnih limova i čeličnih cijevi. Kad govorimo o izradi cijevnih propusta od betona, veliki je nedostatak vremenski period koji mora proći da beton postigne potrebnu čvrstoću i koji usporava proces gradnje. Cijevni propusti mogu biti kružnog, četvrtastog i paraboličnog presjeka, a izvedeni mogu biti jednostruki, dvostruki ili višestruki propusti, ovisno o broju paralelno ugrađenih cijevi. Tok se kroz njih odvija slobodnim vodnim licem ili pod tlakom. Manji propusti su najčešće cijevni, a oni veći su okvirni ili pločasti.

---

<sup>1</sup> Slobodno vodno lice – površina vode koja je vremenski i prostorno promjenjive veličine, a važan je parametar za oblikovanje i funkcionalnost vodnih građevina.

<sup>2</sup> A.B cijevi – armiranobetonske cijevi





Slika 1. Primjer cijevnog propusta. Izvor: <https://www.zuc-zadar.hr/sanacija-sustava-oborinske-odvodnje-u-brisevu/>

Pločasti betonski propusti izrađuju se u nešto nižim usjecima i nasipima, a po konstrukciji su slični manjim grednim mostovima. Prilikom projektiranja takvih propusta koristi se statički proračun.

Svođeni propusti su segmentnog ili polukružnog oblika, a grade se od kamena ili betona i cementnog morta. Grade se po dijelovima (dugi su od četiri do osam metara) zbog veće otpornosti na pukotine koje nastaju zbog prevelikog opterećenja ili nosivosti tla.

Propusti se uglavnom izvode okomito na cestu kako bi se regulirao sam tok vode, no mogu se izvesti i koso. Sastoje se od tri osnovna dijela, a to su: glavni provodni dio, cijevi propusta te izlazni i ulazni dijelovi.



Slika 2. Primjer pločastog propusta

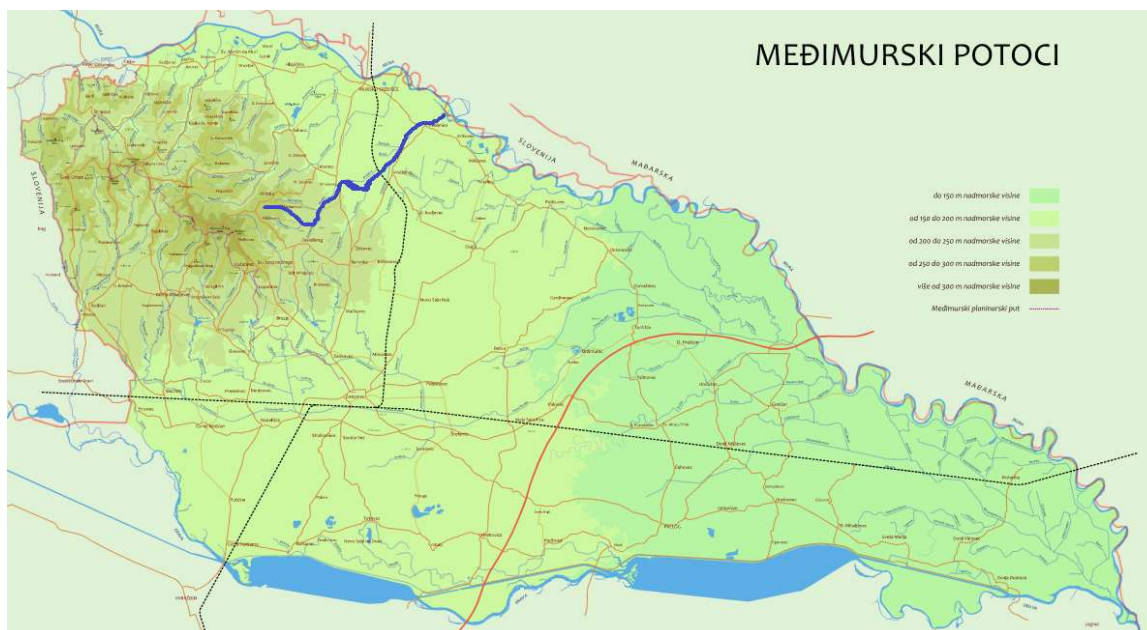
Izvor: <https://www.034portal.hr/uredjenje-kanala-i-vodotoka-na-lipickom-podrucju-183>

Razlikovanje vrste propusta, dimenzija, načina gradnje i tipa oblika otvora vrlo je bitna smjernica za projektante i stručnjake iz vodoprivrede te izvođače samih radova (Gospić, 2015). Proces projektiranja je složen proces i odgovoran posao koji prvenstveno uključuje određivanje veličine otvora propusta, odnosa položaja propusta i prometnice (okomito, koso), načina utemeljenja te kote ulaza i izlaza vode.

### 3. POTOK BRODEC

Potoci su mali vodotoci, širine od nekoliko desetaka centimetara do nekoliko metara. Duljina toka tipična za potoke ne prelazi nekoliko kilometara, a dubina je rijetko veća od 1,5 metra. Glavni kriterij razlikovanja potoka od rijeke je veličina. Potoci se stvaraju slijevanjem kišnih voda, otapanjem snijega ili pri izlazu podzemne vode na površinu. Uglavnom utječu u rijeke ili jezera. Potoci se prema kriteriju pojavnosti dijele na trajne i povremene, a prema zemljopisnom položaju na nizinske i brdovite. Potočna korita prirodnog porijekla obično se mijenjaju, no pod utjecajem određenih uzroka poput erozije, vrtače, odrona, zemljotresa i slično mogu značajno promijeniti svoj položaj, oblik i veličinu. Povremeni potoci mogu promijeniti korito, pa čak i smjer toka, gotovo svake godine. Pod utjecajem ljudskog faktora potoci mijenjaju smjer korita. Potoci su važni elementi za opskrbljivanje podzemnih voda i pravci za seobu riba i divljih životinja – predstavljaju biološko stanište. Imaju važnu ulogu koridora u povezivanju

rasprostranjenih staništa, a time i u očuvanju biološke raznolikosti. Proučavanje potoka i vodenih putova općenito poznato je kao površinska hidrologija i ključni je element zemljopisa okoliša (Water resources, n. d.).



Slika 3. Karta potoka u Međimurju (Tok potoka Brodec označen je podebljano.)

Izvor: <https://www.medjimurska-priroda.info/2020/11/medimurski-potoci-edo-lukman-i-cipelcug/>

Potok Brodec izvire u gornjem Međimurju, a protječe kroz sjeveroistočni dio sela Vratišinec, odnosno između istoimene ulice (koja se nalazi u Vratišincu), te dalje kroz naselja Štrukovec i Peklenica, gdje se ulijeva u rijeku Muru (Sintagma, 2018). U potok Brodec ulijevaju se i uređeni kanali pod nazivom Berek, Špreoula, Simploče, Vodenja i kanal Pod Goricom. Potok spada u slijev rijeke Mure te je uređen, odnosno kanaliziran, i služi kao ispušt otpadnih voda. 2018. godine se zbog obilnih kiša potok Brodec izlio iz svog korita pa je voda prijetila poduzeću čiji se pogoni nalaze uz obalu potoka.





Slika 4. Tok potoka Brodec kroz naselje Vratišinec.

Izvor: Google maps

#### 4. MOSTOVI

Most je objekt za prijelaz preko bioloških (rijeka, dolina) ili umjetnih zapreka (cesta, željeznička pruga) (Designing buildings, 2021). Sastoji se od donjeg i gornjeg koncepta te opreme. Donji koncept prenosi sva opterećenja (vlastitu težinu, prometno opterećenje, opterećenje vjetra, snijega, potresa) na tlo, a čine ga temelji, stupovi i upornjaci. Udaljenost susjednih podupirača mosta naziva se rasponom. Gornji koncept (također rasponski sklop) prenosi sva naprezanja preko ležaja na stupove i upornjake. Ovisno o materijalu i obliku poprečnog presjeka, rasponski sklop čine glavni nosači, poprečni nosači, sekundarni uzdužni nosači, kolnička ploča te poprečni i uzdužni spregovi za prostornu stabilizaciju. Oprema mosta služi za sigurno i bezbrižno odvijanje prometa (ograde, kolnički zastor, rasvjeta, odvodnja i dr.). Mostovi mogu biti nepomični ili pomični, a dijele se i prema svrsi, nosivom mehanizmu, oblikovanju glavnih nosača (punostjeni, rešetkasti, cijevni, sandučasti), položaju kolnika (kolnik iznad nosivoga sklopa, kolnik ispod nosivoga sklopa, upušteni kolnik) i materijalu od kojega su izgrađeni. Pomični se mostovi grade samo ondje gdje položaj prometnice ne zadovoljava dovoljnu

visinu za prolaz plovila ispod mosta, a ovisno o procesu pokretanja mogu biti potezni, okretni, preklopni i podizni. Mostovi koji su opterećeni prometnicama mogu biti cestovni, željeznički, pješački ili za kombinirani promet, a mostovi koji su opterećeni vodovima su, primjerice, akvadukti. U prošlosti su se mostovi isprva gradili od drva, potom zidanjem od kamena, poslije i od opeke, a suvremeni se mostovi najčešće grade od armiranoga betona, prednapetog betona, čelika ili njihove kombinacije (spregnuti). Izgradnja mostova predstavlja osobit izazov za inženjere. Još su se donedavno masivne konstrukcije mostova gradile na skelama, pomoćnim spravama koje su nosile konstrukciju sve dok konstrukcija nije bila dovoljno čvrsta. Ove skele bile su nepomične, a da bismo ih iskoristili na drugom mjestu, morali bismo ih demontirati i preseliti dio po dio. Skele su bile originalne građevine za neke mostove, često kompleksnije konstrukcije i od samog mosta. Metalni mostovi izvodili su se postavljanjem na terenu – pričvršćivanjem ili pritezanjem navoja, a da bi se omogućio rad, i za njih je bilo potrebno podizati skele. Težnjom za bržom i ekonomičnijom izgradnjom načinjen je niz postupaka kojima se značajno skraćuje vrijeme izgradnje mosta, a istovremeno ostvaruje i poprilična ušteda u materijalu i radu. Kod niza postupaka konstrukcija tijekom gradnje mijenja više statičkih sustava te prima veće sile nego što će ih imati tijekom korištenja. Kad pričamo o izgradnji mosta, uvijek se stavlja fokus na gradnju rasponske konstrukcije, često zanemarujući tehnike gradnje temelja, upornjaka i stupova mosta. U mnogim situacijama događalo se da je kompleksnije izvesti temelje nego čitav most. Moramo uzeti u obzir može li se određenim postupkom adekvatno udovoljiti svim važnim zahtjevima na mostu. Baš iz tog razloga potrebno je poznavati što više uobičajenih i odgovarajućih postupaka.

#### 4.1. TEMELJNI POSTUPCI GRADNJE

Gradnja mostova prvenstveno se može podijeliti na dva postupka: monolitni i montažni (Designing buildings, 2021). Konkretni odabir postupka gradnje ovisi o više elemenata, a često su najvažniji elementi oprema i tehnologija koje koristi tvrtka koja most gradi.

##### 4.1.1. Monolitni postupak

Monolitni postupak gradnje mosta je postupak građenja, zidanja ili lijevanja svakog elementa na njegovo konačno mjesto. Koristi se za stupove viših visina. Oplata se drži za prije izvedeni dio, a kad se izbetonira fragment, ona se premješta u novi položaj. Oplata

može biti snažna kompozicija s njom ili odvojena od nje, šuplji sanduci imaju i unutarnju oplatu koja se pomiče zajedno s vanjskom oplatom koja se stalno pokreće posred stupa odgovarajućom brzinom pa se betoniranje provodi bez prekida. Normalna visina oplata iznosi oko 1 – 1,5 m.

#### 4.1.2. Montažni postupak

Montažni postupak gradnje je gradnja od predgotovljenih, montažnih elemenata, a osobito je napredna kod čeličnih mostova. Značajne prednosti montažne gradnje su da se dijelovi, pa čak i cijeli nosači, izrađuju u radionicama ili tvornicama gdje se mogu ostvariti praktički savršeni uvjeti i kvaliteta, a proizvodnja ne ovisi o ravnoteži posla na gradilištu te je jeftinija. Loša strana montažne gradnje su visoki troškovi prijevoza pa se zato ponekad rade radionice na gradilištu. Montažna gradnja dobiva sve više na značenju jer smanjuje ljudski rad na gradilištu, a i vrijeme građenja. Predgotovljeni komadi se već toliko uspješno izrađuju da se za vrijeme njihove proizvodnje još ni ne zna gdje će se montirati.

### 4.2. VRSTE MOSTOVA

#### 4.2.1. Viseći most

Viseći mostovi sastoje se od ceste zakačene na dugačke željezne kablove pričvršćene na visoke tornjeve (Buildings construction, 2021). Prvi takvi mostovi izgrađeni su od užadi ili povijuša prekrivenim bambusovim štapovima. Visećim se mostovima mogu prevladati goleme udaljenosti jer su izrazito lagani.



Slika 5. Viseći most – Golden Gate Bridge u San Franciscu  
Izvor: <https://studentski.hr/vijesti/na-danasnji-dan/otvoren-golden-gate-bridge>

#### 4.2.2. Lučni most

Lučni mostovi imaju luk koji, preko niza uspravnih stupova, drži cestu te se prostire od jednog do drugog kraja obale (Designing buildings, 2021). Takvi su mostovi naj snažniji upravo zbog luka koji predstavlja jednu izrazito snažnu konstrukciju.



Slika 6. Lučni most – Šibenski most

Izvor: <https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/aktivni-odmor/ronjenje/sibenski-most>

#### 4.2.3. Konzolni most

Konzolni mostovi sastoje se od nekoliko konzola (najčešće dvije) koje su pričvršćene za betonske potpore u rijeci, ali samo na jednome mjestu (Buildings construction, 2021). Tako most, unatoč činjenici da su konzole u obliku romba, ima onoliko potpora koliko ima konzola, osim dvije obale. Odatle i naziv konzola, što znači 'pričvršćen na jednom kraju, slobodno obješen'. Čest je i kratki središnji luk na mjestu gdje se dodiruju dvije konzole mosta.



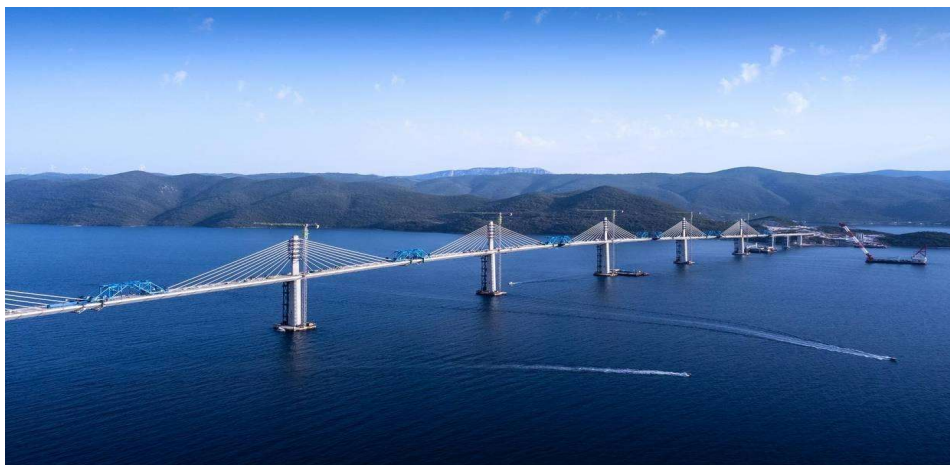


Slika 7. Konzolni most – Forth bridge u Škotskoj

Izvor:<https://ziare.com/vacanta/destinatii/poduri-senzationale-pe-care-trebuie-sa-ajungi-macar-o-data-in-viata-galerie-foto-1351134>

#### 4.2.4. Ovješeni most

Ovješeni most se isto tako sastoji od tornjeva i na njih pričvršćenih kablova, samo što gornji kablovi drže skoro cijeli most (Buildings construction, 2021). Kod ove vrste mosta kablova ima manje i stupovi su niži. Ovakvi se mostovi grade kada je potreban velik raspon između dvaju tornjeva.



Slika 8. Ovješeni most – Pelješki most

Izvor:<https://www.klix.ba/vijesti/regija/bit-ce-spojen-sljededece-sedmice-pogledajte-kako-peljeski-most-izgleda-iz-zraka/210720037>



#### 4.2.5. Pomični most

Pomični most može se pomicati kako bi propustio neko plovilo (Buildings construction, 2021). Najučestaliji su dvodijelni pomični mostovi čija se dva kraka, svaki sa suprotne strane, podižu. Postoje i mnoge druge vrste pomičnih mostova, npr. oni koji se pomiču rotiranjem, koji uranjaju u vodu, koji se uvlače...



Slika 9. Pomični most – Tower Bridge u Londonu

Izvor: <https://www.klook.com/en-MY/activity/3456-tower-bridge-exhibition-ticket-london/>

#### 4.2.6. Gredni most

Gredni most sačinjava više paralelnih stupova na kopnu ili u vodi koji podupiru most s cestom.



Slika 10. Gredni most – most na rijeci Savi u Slavonskom Brodu

Izvor: [https://sbplus.hr/slavonski\\_brod/gospodarstvo/gradevinarstvo/most\\_na\\_savi\\_kod\\_svilaja\\_na\\_korak\\_do\\_pustanja\\_u\\_promet.aspx#.YYpei2DMLIU](https://sbplus.hr/slavonski_brod/gospodarstvo/gradevinarstvo/most_na_savi_kod_svilaja_na_korak_do_pustanja_u_promet.aspx#.YYpei2DMLIU)

## 5. MOST NA POTOKU BRODEC

### 5.1. Postojeće stanje mosta

Postojeći most nalazi se na vrlo nepovoljnoj lokaciji između dva zavoja na lokalnoj cesti LC20019. Njegova širina iznosi cca 5,5 m te nema pješačkih staza za siguran promet pješaka. Nakon prelaska mosta s lijeve se strane kolnika nalazi vrlo nezgodna dionica pa se zbog „ispupčenog“ rubnika u zimskim uvjetima, uslijed smrzavanja kolnika, često događaju nezgode. Tlocrtne dimenzije postojećeg mosta iznose 12,64 x 7,00 m. Armiranobetonska ploča je debljine 35 cm, raspona 6,5 m i širine 6 m te je oslonjena na zidove čija je debljina 40 cm, visina 2,05 m i širina 6 m.

Sukladno odrađenoj statičkoj procjeni rasponske konstrukcije, ustanovljeno je da ne zadovoljava valjane propise u smislu nosivosti, zato je propisano njeno uklanjanje. Zbog ispunjenja uvjeta projektiranog statičkog sustava (upeti spoj zidova upornjaka i rasponske konstrukcije), potrebno je uoči odstranjivanja ploče sačuvati uzdužnu armaturu koja iz zidova upornjaka ulazi u ploču. Vršni se širenje trenutnih temelja na 2,5 m, čime je zajamčena konstantna širina temelja u trenutnom i projektiranom dijelu. Novoizgrađeni dio temelja veže se čeličnim trnovima za postojeći. Trnovi su čelične šipke promjera Ø32 mm, koje se sidre u trenutne temelje nakon što se izbuši i utisne epoksidno punilo pod kutom od 60°, dok je drugi kraj ankera horizontalan i ima navoj M30 pomoću kojeg se povezuje čelična ploča 120 x 120 x 25 mm te se umeće u novi dio konstrukcije mosta. Na jednoj i drugoj strani mosta su iza zidova izvedena AB krila debljine 40 cm i duljine 2,9 m. Dijelovi krila K-P1 i K-P2 odstranjuju se zbog izgradnje prijelazne ploče koja se oslanja na njih. Osim spomenutog, s postojećeg se mosta odstranjuju ograda, asfalt i monolitni armiranobetonski vijenci izvedeni na bočnim rubovima mosta.



Slika 11. Postojeće stanje mosta – jug

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 12. Postojeće stanje mosta – sjever

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)





Slika 13. Postojeće stanje mosta – jugoistok

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

## 5.2. Oblik i veličina čestice mosta

Navedena čestica na kojoj se vrši rekonstrukcija mosta izdužena je parcela. Status mosta zahtijeva izvedbu parcelacije. Most je stacioniran između novoformirane čestice i rasteže se okomito na koridor kanala Brodec. Nova parcela gotovo je pravilnog oblika, bruto površine 462,67 m<sup>2</sup>.

Geometrijske karakteristike:

- dužina mosta: 12,64 m
- raspon konstrukcije: širina 10,76 m, debljina 40 cm
- visina upornjaka s temeljom: 2,70 m
- debljina zida upornjaka: 40 cm
- dužina upornjaka: 10,76 m (4,76 m novoprojektirani dio)
- otvor mosta: 6,04 m

- apsolutna kota temeljenja: 169,00 m.n.m.

Uzdužni presjek mosta:

- dužina uzdužnog presjeka mosta: 11,26 m (4,76 m novoprojektirani dio)
- praktična širina mosta: 10,81 m
- širina kolnika: 7,00 m
- rubnik: beton, C35/45, h = 12 cm
- pješački hodnik: AB, C 35/46, širina: 1,60 m
- ograda: h = 1.20 m



Slika 14. Čestica mosta

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

### 5.3. Projektirani most

Dizajnirani most realizira se na sjevernoj strani trenutnog, s kojim je konstruktivno kompatibilan u temeljima i zidovima upornjaka te rasponskoj konstrukciji. Planirano je odstranjivanje trenutne rasponske konstrukcije te izgradnja nove, koja se oslanja na zidove postojećih i projektiranih upornjaka. U načelu se čuva postojeća geometrija, izuzev u temeljima koji su prošireni.

Dubina temeljenja je na nivou trenutnih temelja, što se slaže s propisanom dubinom iz geotehničkog elaborata. Otvor mosta ostaje neizmijenjen u usporedbi na trenutno stanje. Niže spomenute geometrijske karakteristike svode se na postojeći most paralelno s projektiranim proširenjem.

Geometrijske karakteristike:

- duljina mosta: 12,64 m
- raspon konstrukcije: širina 10,76 m, debljina 40 cm
- visina upornjaka s temeljom: 2,70 m
- debljina zida upornjaka: 40 cm
- duljina upornjaka: 10,76 m (4,76 m novoprojektirani dio)
- otvor mosta: 6,04 m
- apsolutna kota temeljenja: 169,00 m.n.m.

Poprečni presjek mosta:

- širina poprečnog presjeka mosta: 11,26 m (4,76 m novoprojektirani dio)
- korisna širina mosta: 10,81 m
- širina kolnika: 7,00 m
- rubnik: beton, C35/45,  $h = 12$  cm
- pješački hodnik: AB, C 35/46, širina: 1,60 m
- ograda:  $h = 1,20$  m

#### 5.3.1. Konstruktivni elementi

Rasponska konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 40 cm. Širina ploče bilježi 10,76 m, a raspon je 6,44 m; beton: C 30/37 razred izloženosti XC4, XD3, XF2; zaštitni sloj: 4 cm; armatura B500B. Zidovi upornjaka su armiranobetonski, debljine 40 cm i

visine 2,05 m. Ukupna duljina novoprojektiranih zidova iznosi 4,76 m; beton: C 30/37 razred izloženosti XC4, XD3, XF2 ; zaštitni sloj: 5 cm i armatura B500B. Krila upornjaka debljine su 40 cm. Zbog izgradnje prijelazne ploče u dijelu postojećeg i novoprojektiranog mosta razlikuje se geometrija krila K-N1 i K-N2 od K-N3 i K-N4, beton: C 30/37 razred izloženosti XC4, XD3, XF2; zaštitni sloj: 5 cm i armatura B500B. Most se temelji na temeljnim trakama širine 3 m i duljine 4,76 m. Apsolutna visina temeljenja je 169,00 m.n.m., što je u skladu s preporučenom dubinom temeljenja prema geotehničkom elaboratu; beton: C 30/37 razred izloženosti XC4, XD3, XF2; zaštitni sloj: 5 cm i armatura B500B. Prijelazna ploča debljine 20 cm i duljine 2,5 m vrši se iza zidova upornjaka (u postojećem i projektiranom djelu mosta) u nagibu od 10 %. Gornji rub ploče smješten je u vrhu zida upornjaka; beton: C 30/37 razred izloženosti XC4, XD3, XF2; zaštitni sloj: 5 cm i armatura B500B. Zidovi i temelji upornjaka konstruktivno se povezuju na elemente postojećeg mosta ugradnjom čeličnih trnova promjera Ø32 mm, koji se privezuju u trenutne betonske elemente uz prvotno bušenje i utiskivanje epoksidnog punila pod kutom od 60°, dok je drugi kraj ankera horizontalan i ima navoj M30 pomoću kojeg se pričvršćuje čelična ploča 120 x 120 x 25 mm te se postavlja u novi dio konstrukcije mosta.

Širina staze je 160 cm. Na njezinim vanjskim rubovima izrađuje se zaštitna ograda. Sačinjene su od inox cijevnih profila. Osni razmak stupova iznosi 1,5 m, a cjelokupna visina ograde je 1,2 m. Temeljni okviri (stupići i gornja prečka) su od cijevnih profila Ø60 x 4 mm, ispunjena je mreža od čeličnog užeta, tipa sistema X-TEND, oka 60 x 60 mm, debljine užadi 1,5 mm. Mreža se montira na horizontalne cijevi Ø20 x 2 mm koje su udaljene iza stupa na dnu i pri vrhu uz prečku, pričvršćene svakih 50 cm. U donjem dijelu ograde, 15 cm od tla, kroz os stupa prolazi čelično uže Ø16 mm. S ciljem osvjetljenja predviđeno je montiranje dva rasvjetna stupa uz rubove pješačkih staza na polovici mosta.

Pokos i dno kanala u zoni radova poželjno je obnoviti 3 m uzvodno i nizvodno od mosta betonskim elementima s izvedbom betonskog pera. Prema vodopravnim uvjetima Hrvatskih voda, neophodno je sa zapadne strane kanala Brodec osigurati nadvišenje nasipa. Nadvišenjem nasipa omogućuje se, u duljini od cca 268 m, izlivanje oborinskih voda iz kanala tijekom velike količine oborina. Nasip se vrši s desne strane promatrano u smjeru stacionaže nasipa i dignut je na visinu kote 172,01 m.n.m. Uz nasip se u nastavku

do trenutnog betonskog parapeta nalazi šljunčani put. Uslijed izvođenja radova na rekonstrukciji mosta izvođač mora voditi računa o postojećim hidrotehničkim elementima u kanalu Brodec i očuvati ih od oštećenja pažljivim izvođenjem radova. Ako nije moguće izvesti most bez oštećenja elemenata, treba ih poslije uklanjanja dovesti u izvorno stanje, prema Vodopravnim uvjetima Hrvatskih voda. Proračunom uspora ustanovljeno je da je zbog tlačnog djelovanja vode na otvor propusta neophodno izvesti i bučnicu koja umiruje turbulentni tok. Dimenzije bučnice iznose: duljina 11 m, visina 0,77 m i širina 3 m, a izvode se prema Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu (Knjiga 1) te prema pravilima struke i uz suglasnost i odobrenje

predstavnika Hrvatskih voda. Posebno rješavanje oborinske odvodnje na mostu nije potrebno zbog nagiba mosta koji omogućuje gravitacijsko otjecanje vode u oborinsku kanalizaciju prometnice. Poprečni nagib prometnice na mostu iznosi 2,5 %, a uzdužni je nagib 0,5 %.

Na gornjem rubu i bokovima nosive konstrukcije nalazi se vodonepropusna membrana debljine 5 mm. Na mjestima na kojima zbog armature nije moguće izvesti membranu vrši se hidroizolacija polimercementnim premazima. Ukopani dijelovi upornjaka i temelja premazuju se polimercementnim premazima te se ti dijelovi zbog zaštite prekrivaju čepastom folijom. Staze mosta premazuju se zaštitnim sustavom otpornim na habanje s protukliznim svojstvima.

Na mjestu rasponske konstrukcije nalaze se sljedeći slojevi:

- habajući sloj AC11 surf 50/70,  $d = 4$  cm
- beton za pad armiran mikrovlaknima (mikrovlakna (3D 80/60BG) količine 25 kg/m<sup>3</sup>, beton C30/37)
- hidroizolacija
- armiranobetonska ploča.

U dijelu mosta izvan rasponske konstrukcije (iznad prijelazne ploče) nalaze se sljedeći slojevi:

- habajući sloj AC11 surf 50/70,  $d = 4$  cm
- nosivi sloj AC32 base 50/70,  $d = 7$  cm
- tampon,  $d = 50$  cm
- nasip.



#### 5.4. Lokacija mosta na potoku Brodec

Postojeća lokalna cesta LC20019 ima varijabilnu širinu kolnika i odvija se u rasponu od 5,25 m do 6,38 m. Na lokaciji u neposrednoj blizini mosta širina kolnika je cca 9 m. Prostor proširenja kod mosta, širine 9 m, stavlja u pomutnju sudionike u prometu tijekom vožnje pa je zbog toga jako opasan, a stvoren je uslijed uklanjanja prijašnjeg pješačkog mosta. Zbog toga se odstranjuje sav višak asfalta pri rekonstrukciji mosta i prometnice. Tehničkim rješenjem prometnice izmiče se dio trase kolnika LC20019, odnosno nadovezuje se prema novoj osi kolnika mosta. Postojeća problematična krivina umanjena je povećanjem horizontalnog radijusa zakrivljenosti. Zapadna horizontalna krivina povećana je s cca  $R = 48$  m na  $R = 55$  m. Istočna horizontalna krivina prilagođena je novom stanju nakon rekonstrukcije i promjene položaja osi kolnika mosta i iznosi  $R = 50$  m. U krivinama je ukalkulirano potrebno proširenje od 50 cm s obje strane na unutarnju i vanjsku stranu kolnika lokalne ceste. Širina kolnika poslije rekonstrukcije na dijelu kod mosta iznosi 7 m. Ukupna duljina rekonstruirane LC20019 s kolnikom mosta je cca 181 m. Poprečni nagib kolnika je usmjeren na lijevu stranu, gledano u smjeru stacionaže, i iznosi 2,5 % u pravcu i maksimalno 3 % u krivini. Uz rub rekonstruiranog dijela kolnika obavlja se s obje strane pješačke staze širine 160 cm. Staze imaju poprečni nagib 2 % i usmjerene su prema kolniku lokalne ceste LC20019. Staze su denivelirane u odnosu na kolnik ceste, odnosno podignute su za 12 cm u odnosu na planiranu kotu asfalta. Obrubljene su betonskim rubnicima 15/25 cm na rubovima kolnika ceste te betonskim rubnicima 8/20 cm na vanjskim rubovima staza. Na mjestima pješačkih prijelaza i kolnih prilaza staze se deniveliraju na +3 cm visine rubnika 15/25 cm u odnosu na planiranu kotu asfalta spuštanjem rubnika. Horizontalni elementi prometnice ispravljani su koliko je god to bilo moguće, da se unaprijede vozno-dinamički uvjeti za sve sudionike u prometu te da se poveća njihova sigurnost u prometu. U vertikalnom pogledu primijenjeni su maksimalni uzdužni nagib od 5 % i minimalni uzdužni nagib od 0,5 %. Maksimalni primijenjeni vertikalni radijus zakrivljenosti je  $R = 3938.20$  m. Minimalni primijenjeni uzdužni nagib na prometnici izvan mosta je  $R = 246,75$  m. Niveleta prometnice najčešće je viša za cca 4 cm. Lokalno, na dijelu prije nailaska na most (u smjeru stacionaže) niveleta je podignuta za cca 18 cm, a poslije prelaska mosta cca 29 cm zbog podizanja intradosa mosta i sprječavanja poplavlivanja lokacije.

#### 5.4.1. Oborinska odvodnja LC20019

Oborinska voda s prometnice sakuplja su uz pomoć slivnika s taložnicom, koji se nalaze na asfaltiranoj površini uz rubnjak s lijevano-željeznom rešetkom na vrhu. Slivnici na asfaltnoj površini su tipski, od betonskih cijevi  $\varnothing 500$  mm na pero i utor, dubine 1,50 m, s lijevano-željeznom rešetkom na vrhu za prometno opterećenje od 40 t. Trenutne slivnike potrebno je premjestiti na nove lokacije i spojiti ih pomoću PVC DN160 na trenutnu oborinsku kanalizaciju. Ovako sakupljena oborinska voda odvodi se do postojećeg recipijenta kanala Brodec prema postojećem stanju na terenu. Slivnike se mora izvesti od vodonepropusnog betona, minimalne klase C30/37. S desne strane prometnice, na cca ST 0+034,00 m, dio postojećeg cestovnog jarka zacjevljuje se PP PEHD DN300 cijevima, s izradom AB ploče minimalne debljine 8 cm i širine minimalno 1 m iznad cijevi, te spajanjem istog u postojeće RO-post. Za prihvat vode iz postojećeg profiliranog jarka treba upotrijebiti reviziono okno, RO1. Ukupna duljina PP PEHD cijevi DN300 je cca 23 m. AB ploča radi se prema pravilima struke i uz odobrenje nadzornog inženjera te s obzirom na stvarno stanje na terenu tijekom izvođenja radova. Na dijelu trase s lijeve strane prometnice (gledano u smjeru stacionaže), kod cca ST 0+151,00 m, vrši se zacjevljenje postojećeg cestovnog jarka PP PEHD DN500 cijevima, s izradom AB ploče minimalne debljine 8 cm i širine minimalno 1 m iznad cijevi. Duljina zacjevljenja je cca 7,75 m.

#### 5.5. Vizualizacija



Slika 15. Vizualizacija – kut gledanja sa sjeverne strane

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 16. Vizualizacija – kut gledanja s južne strane

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 17. Vizualizacija – kut gledanja s jugoistočne strane

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

## 5.6. Hidrološki proračun

Hidrološki proračuni su dio inženjerske hidrologije koja se bavi metodama izračunavanja veličina koje karakteriziraju hidrološki režim (Hydrologic Calculations, n.d.). Rezultati proračuna obično se dobivaju u obliku prosječnih vrijednosti i različitih vjerojatnosti njihovog ponavljanja.

Problemi koji se rješavaju u procesu hidroloških proračuna mogu se podijeliti u sedam glavnih skupina:

1. proračuni protoka vode, uključujući normalni godišnji protok, maksimalne količine vode i ispuštanja, distribuciju godišnjeg protoka te minimalne protoke vode; duljina perioda bez protoka (smrzavanje i isušivanje) i hidrografiranje velikih voda i poplava
2. hidrometeorološki proračuni vodnih tijela, uključujući isparavanje s vodenih i kopnenih površina te atmosferske oborine
3. proračuni vodne bilance pojedinih vodenih tijela
4. proračuni otjecanja sedimenta, ponovno formiranje obala i zamućivanje rezervoara
5. proračuni dinamike vodenih masa, uključujući elemente kretanja vjetra, promjene razine vode uzrokovane vjetrovima na moru i kopnu te strujama
6. proračuni karakteristika toplinskih režima, uključujući smrzavanje i raspadanje vodenih tijela, debljinu leda i snijega te temperaturu vode
7. proračuni hidrokemijskih karakteristika, posebno mineralizacija vodenih tijela i komponenata vode.

Svi se ti problemi rješavaju pomoću nekoliko metoda, prvenstveno metodom ravnoteže i matematičko-statičkom metodom (Hydrologic Calculations, n.d.)

Za most je obavljen adekvatan hidrološki i hidraulički proračun. Proračun ispunjava i dan je u prilogu projekta. Hidrološki proračun za potok Brodec obavljen je u projektu regulacije potoka Brodec (br. teh. dnevnika 706/80 GK Međimurje). Prema hidrološkom proračunu dobiven je protok 100-godišnjeg povratnog perioda od  $Q_{100} = 28,30 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Istodobno, kod izrade studije *Zaštita od brdskih voda Međimurja* analiziran je dio potoka Brodec te je dobiven protok 100-godišnjeg povratnog perioda od  $Q_{100} = 25,67 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tablica 1. Hidrološki proračun

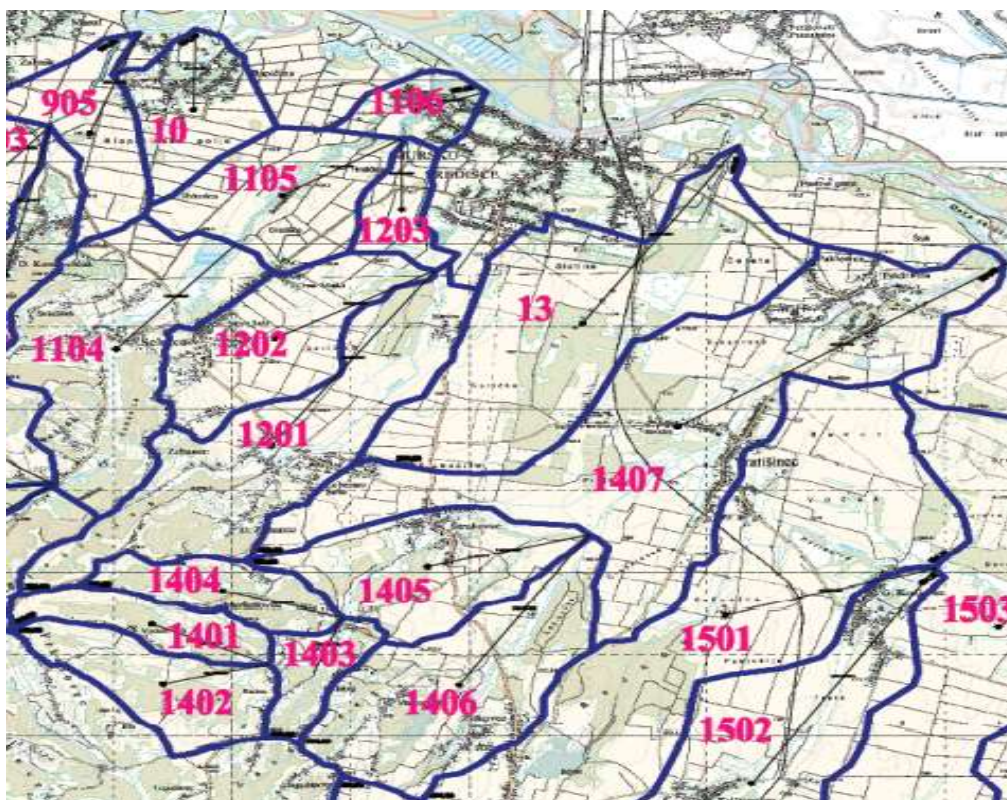
F	O	U	H	k	L	I	A	AS	$\Delta A$	S
km <sup>2</sup>	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
8.50	20.541	3.400	0.90	0.24	7.83	1.09	154.60	180.57	25.97	6.63

P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$v_{25}$	$Q_{100}$
godina			sati	sati			m <sup>3</sup> /s
100	1	0.86	4.27	2.82	1.66	6.24	25.67

Izvor:

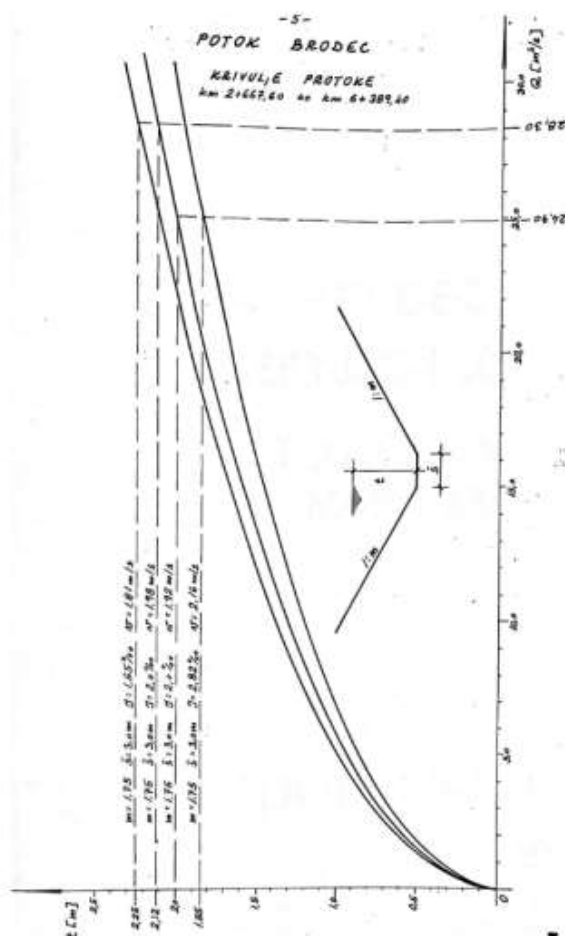
[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 18. Slivno područje potoka Brodec

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 19. Protočna krivulja potoka Brodec za  $Q_{100} = 28,30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

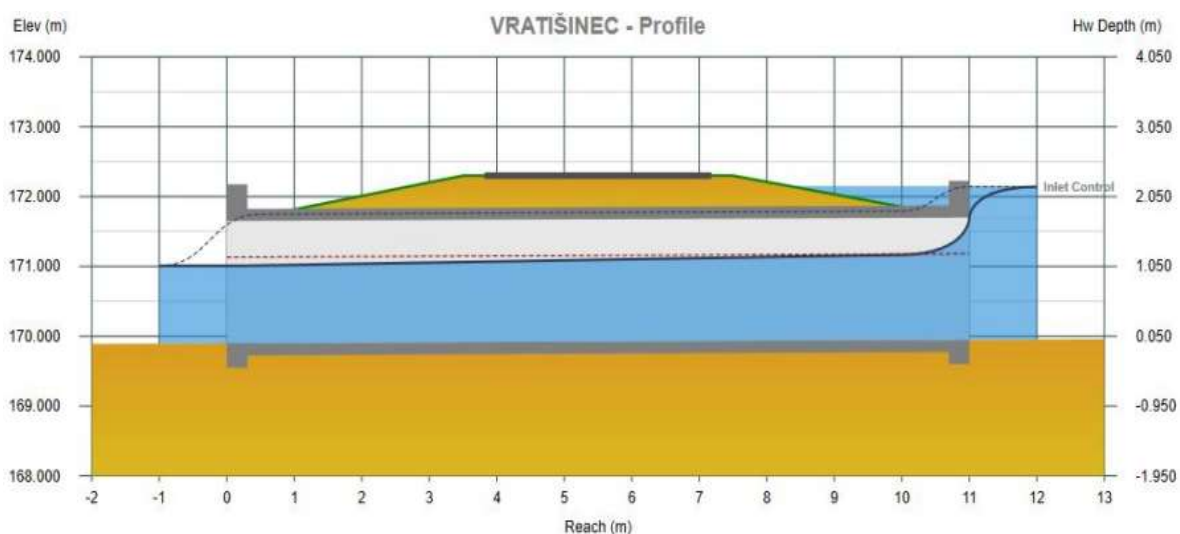
Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

## 5.7. Hidraulički proračun

Hidraulički proračun vodovodnih mreža obično se fokusira na dimenzioniranje cjevovoda te određivanje raspoloživih tlakova za dijelove koji imaju poznatu duljinu i protok (Projektiranje vodoopskrbnih sustava, n. d.). Kod hidrauličkog proračuna vodovodnih mreža potrebno je voditi računa o minimalno i maksimalno dozvoljenim tlakovima u mreži. Minimalni tlak treba osigurati u satu najveće potrošnje na najvišim izljevnicima u zgradama, dok se maksimalni tlak odnosi na najveću dozvoljenu vrijednost hidrostatskog tlaka u najnižim točkama vodovodne mreže.

Svako projektiranje vodene transportne ili distribucijske mreže uvjetuje hidrauličke proračune kako bi se utvrdila potreba za hidrauličkom opskrbom ( $Q_h$ ) na jednoj ili više točaka potrošnje i tlak potreban za održavanje potrebnog protoka. U kontekstu požarne sigurnosti hidraulički proračuni koriste se za određivanje protoka tekućina kroz medij (obično cijevnu mrežu) kako bi se osiguralo da se požari mogu adekvatno kontrolirati. Hidraulički proračuni često su potrebni za dokazivanje protoka vode (ili vode pomiješane s aditivima, poput koncentrata pjene za gašenje požara) kroz cijevne mreže u svrhu suzbijanja ili gašenja požara. Cijeli postupak hidrauličkog izračuna definiran je u primjenjivim šiframa referentnih modela, poput onih koje je objavila Nacionalna udruga za zaštitu od požara sa sjedištem u SAD-u. Zahtjevi za gustoćom ispuštanja vode obično su specificirani promjenjivim kodom modela, poput NFPA 13, NFPA 15, EN 12845, BS 9251, NFPA 750 CP 52, ASIB i AS2118.1. Za izradu projekata mogu se primijeniti drugi mogući međunarodni standardi za projektiranje požara i osiguravatelja (R2M Limited, n. d.).



Slika 20. Hidraulički proračun – profil

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

Tablica 2. Hidraulički proračun – rezultati

OTPUŠTANJE			BRZINA		DUBINA		HIDRAULIČNA LINIJA			
ukupno	cijev	preko	ispod	iznad	ispod	iznad	ispod	iznad	VŠ	VŠ/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
4.000	4.000	0.000	2.083	1.868	320	357	170.220	170.307	170.556	0.346
5.000	5.000	0.000	2.193	2.012	380	414	170.280	170.364	170.654	0.402
10.000	10.000	0.000	2.825	2.536	590	657	170.490	170.607	171.071	0.641
15.000	15.000	0.000	3.247	2.904	770	861	170.670	170.811	171.423	0.842
<b>25.670</b>	<b>25.670</b>	<b>0.000</b>	<b>3.854</b>	<b>3.475</b>	<b>1110</b>	<b>1231</b>	<b>171.010</b>	<b>171.181</b>	<b>172.140</b>	<b>1.251</b>

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Slika 21. Hidraulički proračun – krivulja

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)



Tablica 3. Hidraulički proračun

OTPUŠTANJE			BRZINA		DUBINA		HIDRAULIČNA LINIJA			
ukupno	cijev	preko	ispod	iznad	ispod	iznad	ispod	iznad	VŠ	VŠ/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
2.000	2.000	0.000	1.587	1.482	210	225	170.110	170.175	170.332	0.218
4.000	4.000	0.000	2.083	1.868	320	357	170.220	170.307	170.556	0.346
5.000	5.000	0.000	2.193	2.012	380	414	170.280	170.364	170.654	0.402
10.000	10.000	0.000	2.825	2.536	590	657	170.490	170.607	171.071	0.641
15.000	15.000	0.000	3.247	2.904	770	861	170.670	170.811	171.423	0.842
<b>25.670</b>	<b>25.670</b>	<b>0.000</b>	<b>3.854</b>	<b>3.475</b>	<b>1110</b>	<b>1231</b>	<b>171.010</b>	<b>171.181</b>	<b>172.140</b>	<b>1.251</b>

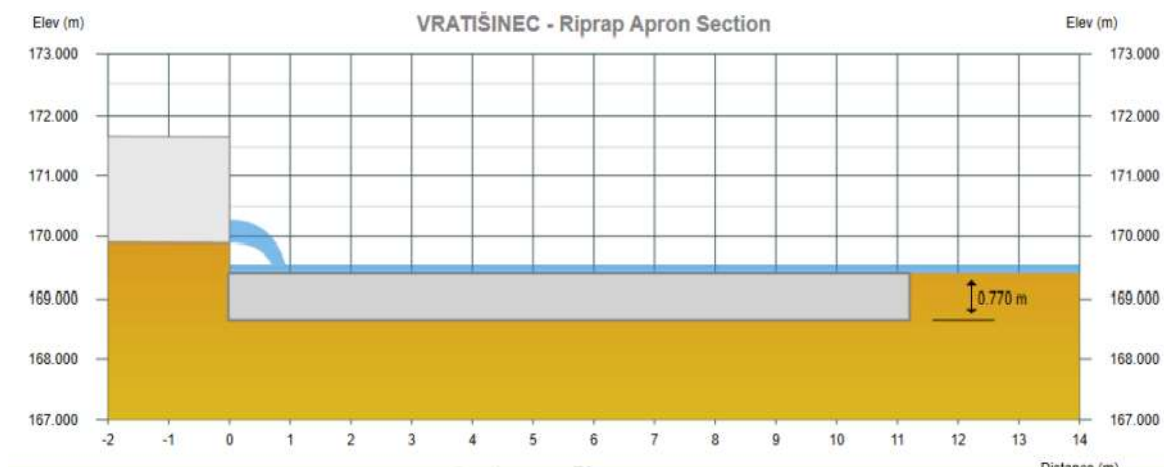
Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vrati\\_sincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vrati_sincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

## 5.8. Proračun uspora

Proračunom uspora utvrđeno je da je zbog tlačnog djelovanja vode na otvor propusta potrebno izvesti i bučnicu koja smiruje turbulentni tok. Dimenzije bučnice iznose: duljina 11 m, visina 0,77 m i širina 3 m, a izvodi se prema Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu, pravilima struke i uz suglasnost i odobrenje predstavnika Hrvatskih voda.

Visina uspora modelirana je prema protoku od  $Q_{100} = 25,67 \text{ m}^3/\text{s}$ . Iz modela je vidljivo da je visina uspora za taj slučaj 1,25 m, kao i da usporo djelovanje na okolnom terenu iznosi 60 cm, što donosi potrebu za povišenjem okolnog terena za minimalno 60 cm.



Slika 22. Proračun uspora

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

DISCHARGE		VELOCITY			DEPTH		HGL				APRON				
Total	Pipe	Overtop	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Hw	Hw/D	Length	Width	Depth	D50	Velocity
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(mm)	(m/s)
1.000	1.000	0.000	1.282	1.175	130	142	170.030	170.092	170.191	0.138	7.410	22.690	0.438	125	0.764
2.000	2.000	0.000	1.587	1.482	210	225	170.110	170.175	170.332	0.218	7.507	22.690	0.438	125	0.961
4.000	4.000	0.000	2.083	1.868	320	357	170.220	170.307	170.556	0.346	9.415	23.863	0.600	250	1.188
5.000	5.000	0.000	2.193	2.012	380	414	170.280	170.364	170.654	0.402	11.201	25.035	0.770	350	1.258
10.000	10.000	0.000	2.825	2.536	590	657	170.490	170.607	171.071	0.641	14.902	27.380	1.100	550	1.536
15.000	15.000	0.000	3.247	2.904	770	861	170.670	170.811	171.423	0.842	15.037	27.380	1.100	550	1.756
25.670	25.670	0.000	3.854	3.475	1110	1231	171.010	171.181	172.140	1.251	15.231	27.380	1.100	550	2.096

Slika 23. Tablični prikaz proračuna uspora

Izvor:

[http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf)

Iz rezultata hidrauličkog proračuna vidljivo je da pločasti propust zadovoljava protoku određenog povratnog perioda ( $Q_{100} = 25,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a posebice se javlja utjecaj uspornog djelovanja tog pločastog propusta, zbog čega dolazi do podizanja vodnog lica u zaobalju i prelijevanja vode preko ruba kanala u okolni teren.

Provedenim hidrološkim i hidrauličkim proračunom dobiveni su rezultati koje zadovoljava projektirani most.

## 6. ZAKLJUČAK

Investitor Općina Vratišinec je 2018. godine pristupila izradi projektne dokumentacije za rekonstrukciju mosta preko potoka Brodec u Vratišincu. Cilj projekta rekonstrukcije bilo je povećanje funkcionalnosti i sigurnosti jer je postojeće stanje mosta u tom pogledu ocijenjeno nepovoljnim. U prvom se redu to odnosilo na lokaciju (između dva zavoja), a zatim na premalu širinu mosta te na nedostatak pješačkih staza za prolazak pješaka koji su na mostovima posebno ugroženi. Nadalje, postojala je problematična točka nakon prelaska mosta, koja se odnosila na ispupčeni rubnik koji je već „kumovao“ prometnim nesrećama na toj lokaciji. Osim toga, statička analiza utvrdila je neusklađenost s važećim propisima vezanima uz nosivost. Dakle, u projekt se krenulo sa svrhom povećanja sigurnosti i sprečavanja prelijevanja vode iz kanala Brodec.

Nakon rekonstruiranja mosta na potoku Brodec konstrukcija je sigurna za prometovanje vozila, bez opasnosti od prelijevanja vode iz kanala tijekom obilnih oborina. To je postignuto tako da je povećan opseg propusta na kanalu Brodec, povišen intrados mosta, proširen je kolnik na mostu, izgrađene su pješačke staze te je ublažena opasna krivina nakon mosta.

Zbog čestog prometovanja i općenito prilično nepregledne situacije i ako se uzme u obzir da je to most kojim se prilazi spuštanjem sa glavne i ujedno jako prometne ceste, iako financijski neprihvatljivo, moguća bolja opcija bi bila izgradnja posebnog mosta za prijelaz pješaka i biciklista radi još veće sigurnosti sa sigurnim prijelazom i izbjegavanje prometnih nesreća.

## LITERATURA

- [1] Bridge construction (2021). Designing buildings (seb). Preuzeto s: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Bridge\\_construction](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Bridge_construction). Datum pristupa: 23. 10. 2021.
- [2] Building regulations (2021). Designing buildings (web). Preuzeto s: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_regulations](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_regulations). Datum pristupa: 23. 10. 2021.
- [3] Gospić, K. (2015). 'Odvodnja prometnica', Završni rad, Sveučilište Sjever. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:061698>. Datum pristupa: 25. 10. 2021.
- [4] Hydraulic calculations for the design of networks (n. d.). R2M Limited. Preuzeto s: <https://www.r2mltd.co.uk/hydraulic-calculations/>. Datum pristupa: 30. 10. 2021.
- [5] Hydrologic Calculations. (n.d.). The Great Soviet Encyclopedia (1970-1979). Preuzeto s: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Hydrologic+Calculations>. Datum pristupa: 30. 10. 2021.
- [6] Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu (2010). Gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracije (Knjiga 1). Melioracijske građevine (Prilog B). Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu, Institut IGH d. d., Zagreb. Preuzeto s: [https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/prilog\\_b.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/prilog_b.pdf). Datum pristupa: 30. 10. 2021.
- [7] Projektiranje vodoopskrbnih sustava. Građevinski fakultet - web. Preuzeto s: <http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Projektiranje%20vodoopskrbnih%20sustava%20-%20za%20web3.pdf>. Datum pristupa: 27. 10. 2021.
- [8] 'Propust' (2021) Hrvatska enciklopedija (mrežno izdanje) Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=50684>.

Datum pristupa: 16. 9. 2021.

[9] Rekonstrukcija mosta na kanalu Brodec, Ivica Mraz, mag.ing.aedif, Preuzeto s: [http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA\\_MOSTA\\_NA\\_KANALU\\_BRODEC\\_u\\_Vratisincu\\_\\_SVE\\_Geod\\_23.7.2020.\\_MR\\_22.3.2021.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/REKONSTRUKCIJA_MOSTA_NA_KANALU_BRODEC_u_Vratisincu__SVE_Geod_23.7.2020._MR_22.3.2021.pdf). Datum pristupa: 3.9.2021.

[10] Strategija razvoja Općine Vratišinec za razdoblje do 2022. godine (2018). Sintagma – Obrt za konzultantske usluge. Preuzeto s: [http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/STRATEGIJA\\_RAZVOJA\\_OPCINE\\_VRATISINEC\\_14.1.2019.pdf](http://www.vratisinec.hr/Dokumenti/STRATEGIJA_RAZVOJA_OPCINE_VRATISINEC_14.1.2019.pdf). Datum pristupa: 28. 9. 2021.

[11] Water Resources.U.S. Geological Survey Preuzeto s: <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources>. Datum pristupa: 24. 10. 2021.

[12] Zakon o vodama NN 66/19,84/21 Preuzeto s: <https://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama>. Datum pristupa: 20.10.2021.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer cijevnog propusta .....	7
Slika 2. Primjer pločastog propusta .....	8
Slika 3. Karta potoka u Međimurju – tok potoka Brodec je podebljan .....	9
Slika 4. Tok potoka Brodec kroz naselje Vratišinec .....	10
Slika 5. Viseći most – Golden Gate Bridge u San Franciscu .....	12
Slika 6. Lučni most – Šibenski most .....	13
Slika 7. Konzolni most – Forth bridge u Škotskoj .....	14
Slika 8. Ovješeni most – Pelješki most .....	14
Slika 9. Pomični most – Tower Bridge u Londonu .....	15
Slika 10. Gredni most – most na rijeci Savi u Slavenskom Brodu .....	15
Slika 11. Postojeće stanje mosta – jug .....	17
Slika 12. Postojeće stanje mosta – sjever.....	17
Slika 13. Postojeće stanje mosta – jugoistok .....	18
Slika 14. Čestica mosta .....	19
Slika 15. Vizualizacija – pogled sa sjeverne strane .....	24
Slika 16. Vizualizacija – pogled s južne strane .....	25
Slika 17. Vizualizacija – pogled s jugoistočne strane .....	25
Slika 18. Slivno područje potoka Brodec .....	27
Slika 19. Protočna krivulja potoka Brodec za $Q_{100} = 28,30 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	28
Slika 20. Hidraulički proračun – profil .....	29
Slika 21. Hidraulički proračun – krivulja .....	30
Slika 22. Proračun uspora .....	32
Slika 23. Tablični prikaz proračuna uspora .....	32

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Hidrološki proračun .....	27
Tablica 2. Hidraulički proračun – rezultati .....	30
Tablica 3. Hidraulički proračun .....	31