



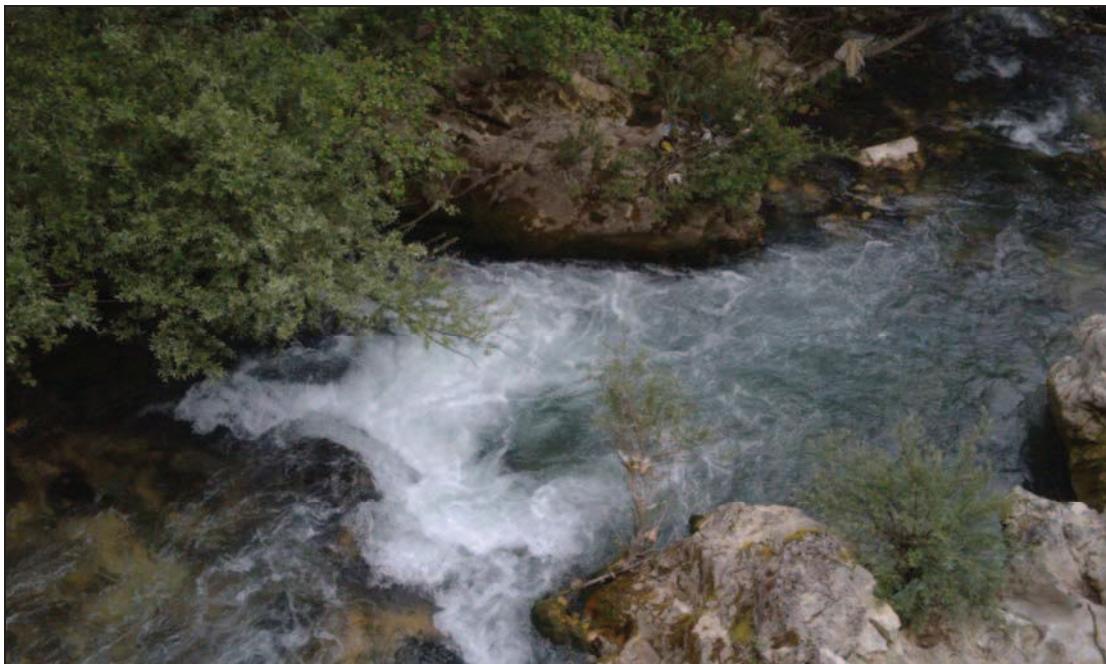
**GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U MOSTARU**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING UNIVERSITY OF MOSTAR



Matrice hrvatske bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina  
tel: +387 36 355000; fax: +387 36 355001; e-mail: gf.svemo@gmail.com; web: www.gfmo.ba

# **PROCJENA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA MHE NA RIJECI RAMI (5 MHE U NIZU)**

**– KUMULATIVNI UTJECAJ –**



**Mostar, srpanj 2014. god.**



**GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U MOSTARU**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING UNIVERSITY OF MOSTAR



Matrice hrvatske bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina  
tel: +387 36 355000; fax: +387 36 355001; e-mail: gf.svemo@gmail.com; web: www.gfmo.ba

**Ur. broj:**

# **PROCJENA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA MHE NA RIJECI RAMI (5 MHE U NIZU)**

**– KUMULATIVNI UTJECAJ –**

**Voditelj projekta:**

**prof. dr. sc. Zoran Milašinović**

**Dekan:**

**prof. dr. sc. Ivan Lovrić**

**Mostar, srpanj 2014. god.**



**GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U MOSTARU**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING UNIVERSITY OF MOSTAR



Matrice hrvatske bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina  
tel: +387 36 355000; fax: +387 36 355001; e-mail: gf.svemo@gmail.com; web: www.gfmo.ba

**Naručitelj:** **ECCO – CRIMA d.o.o. Prozor-Rama**

**Izvršitelj:** **Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru**

**Vrsta dokumentacije:** **Procjena utjecaja na okoliš**

**Naziv dokumentacije:** **Procjena utjecaja na okoliš za MHE na rijeci Rami  
(5 MHE u nizu) – kumulativni utjecaj**

**Voditelj projekta:** **prof. dr. sc. Zoran Milašinović, dipl. ing. građ.**

**Suradnica na projektu:** **mr. sc. Mirna Raič, dipl. ing. građ.**

## S A D R Č A J

1.	UVOD	1
2.	OPIS PREDLOŽENOG PROJEKTA	2
2.1	Prirodni uvjeti razmatrane dionice rijeke Rame	3
2.2	Izbor najpovoljnijeg načina hidroenergetskog korištenja razmatrane dionice rijeke Rame	4
2.3	Opis usvojenih tehničkih rješenja	5
2.3.1	MHE Gradina	5
2.3.2	MHE Modri vir	6
2.3.3	MHE Crni most	7
2.3.4	MHE Gračanica	8
2.3.5	MHE Marina pećina	9
3.	OPIS OKOLIŠA NA KOJI PROJEKT MOŽE IMATI UTJECAJ	10
3.1	Geološke i hidrogeološke karakteristike	10
3.2	Klimatske i meteorološke karakteristike	21
3.3	Hidrološke karakteristike	22
3.3.1	Metodologija proračuna	25
3.3.2	Rezultati	26
3.3.3	Određivanje ekološki prihvatljivog protoka (EPP)	35
3.4	Kvaliteta zraka	37
3.5	Tlo i poljoprivredno zemljište	37
3.6	Flora i fauna	38
3.7	Pejzaž	40
3.8	Kulturno-povijesno naslijeđe	41
3.9	Naseljenost i infrastruktura	42
4.	OPĆI PODACI O HE RAMA	46
4.1	Model rijeke Rame (nizvodno od akumulacije HE Rama do ušća u akumulaciju HE Jablanica)	50
4.2	Kartiranje plavnih površina	51
5.	OPIS MOGUĆIH ZNAČAJNIH UTJECAJA I MJERA ZA SPRJEČAVANJE	54
5.1	Potencijalni utjecaji infrastrukturnog objekta na okoliš	54
5.1.1	Utjecaji u fazi građenja	54
5.1.2	Utjecaji u fazi korištenja	55
5.2	Značaj utjecaja i mjere sprječavanja	57
5.2.1	Faza građenja	57
5.2.2	Faza korištenja	63
6.	ALTERNATIVNA RJEŠENJA	67
7.	MIŠLJENJA LOKALNE ZAJEDNICE I NEVLADINIH ORGANIZACIJA	68
8.	SUSTAV MONITORINGA UZ ODREĐIVANJE METODOLOGIJE	68

9.	NAZNAKE POTEŠKOĆA KOD IZRADE STUDIJE	70
10.	ZAKLJUČAK	70
	Popis literature	72
	Popis priloga	72

## **1. UVOD**

U cilju sagledavanja mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije na području srednjeg toka rijeke Rame, pristupilo se procjeni hidropotencijala dionice toka rijeke Rame od brane postojeće HE Rama do lokaliteta Marina pećina – ušća u Jablaničko jezero. U tu svrhu je izrađen dokument: „Hidrološko-hidroenergetska studija srednjeg toka rijeke Rame (Potez od brane do strojarnice postojeće HE Rama)“, urađena od strane projektanta: Encos d.o.o. Sarajevo u listopadu 2013. godine. Ova Studija je poslužila kao osnova za izradu Procjene utjecaja na okoliš za MHE na rijeci Rami (5 MHE u nizu).

Procjena utjecaja na okoliš (PUO) je postupak ocjenjivanja prihvatljivosti zahvata s obzirom na okoliš, kao i određivanje potrebnih mjera zaštite okoliša, kako bi se negativni utjecaji sveli na najmanju moguću mjeru, te postigla visoka razina zaštite okoliša.

“Zakonom o zaštiti okoliša“ (Sl. novine FBiH 33/03.), čl. 53.-64. propisana je procedura procjene utjecaja na okoliš. Dodatna pojašnjenja se nalaze u “Pravilniku o pogonima i postrojenjima za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš, kao i pogonima i postrojenjima koji mogu biti izgrađeni i pušteni u rad, samo ako imaju okolišnu dozvolu (Sl. novine FBiH 19/04.)“.

Čl. 3. i 4. “Pravilnika o pogonima i postrojenjima, za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš, kao i pogonima i postrojenjima koji mogu biti izgrađeni i pušteni u rad, samo ako imaju okolišnu dozvolu (Sl. novine FBiH 19/04.)“ definirani su pogoni i postrojenja za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš.

Čl. 5. i 6. Pravilnika definiraju pogone i postrojenja za koje se procjena utjecaja na okoliš radi na osnovu provjere Federalnog ministarstva.

Tijekom izrade Procjene utjecaja na okoliš korišteni su sljedeći propisi:

- Zakon o zaštiti okoliša (Službene novine F BiH, br. 33/03)
- Zakon o zaštiti prirode (Službene novine F BiH, br. 33/03)
- Zakon o upravljanju otpadom (Službene novine F BiH, br. 33/03)
- Zakon o vodama (Službene novine F BiH, br. 2/06)
- Zakon o šumama (Službene novine F BiH, br. 23/02)
- Pravilnik o pogonima i postrojenjima za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš i pogonima i postrojenjima, koji mogu biti pušteni u rad samo ako imaju okolišnu dozvolu (Službene novine F BiH, br. 19/04)
- Izmjene i dopune Pravilnika o pogonima i postrojenjima za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš i pogonima i postrojenjima, koji mogu biti pušteni u rad samo ako imaju okolišnu dozvolu (Službene novine F BiH, br. 29/08)

Također su konzultirani propisi Hercegovačko-neretvanske županije.

U Izvodu iz Prostornog plana općine Prozor-Rama (u prilogu) u članku 62. navodi se sljedeće: "Dopušta se korištenje voda u energetske svrhe na svim vodotocima na području općine Prozor-Rama koji za to imaju uvjete, a u skladu sa posebnim propisom za vode".

17.02.2014. godine u Prozoru je održana Javna rasprava po samoinicijativnoj ponudi poduzeća Ecco Crima d.o.o. Prozor-Rama za dodjelu koncesije na vodotoku rijeke Rame od brane do Marine pećine za proizvodnju električne energije izgradnjom 5 (pet) MHE.

Općinsko vijeće općine Prozor-Rama je na sjednici održanoj dana 05.03.2014. godine donijelo Odluku (broj: 01-06-495/14, datum: 06.03.2014. god.) o davanju suglasnosti Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede HNŽ za pristupanje dodjeli koncesije na vodotoku rijeke Rame od brane do Marine pećine za korištenje voda s ciljem proizvodnje električne energije izgradnjom 5 (pet) MHE po samoinicijativnoj ponudi firme Ecco Crima d.o.o. Prozor-Rama. Ista Odluka je objavljena u Službenom glasniku općine Prozor-Rama.

## 2. OPIS PREDLOŽENOG PROJEKTA

Rijeka Rama izvire između Raduše i Proslapske planine u naselju Varvara, s dužinom prirodnog toka od oko 33 km. Sada se ulijeva u akumulaciju HE Jablanica na Neretvi koja potapa njen donji tok. Gornji tok Rame, od izvora do naselja Mluše, potopljen je akumulacijom derivacijske HE Rama. Derivacijski sustav HE Rama povezuje Ramsku i Jablaničku akumulaciju, tako da na srednjem toku teče samo međudotok i vode koje se kontrolirano evakuiraju na brani Rama.

Dužina srednjeg toka rijeke Rame, od naselja Mluše do Marine pećine gdje se ulijeva u Jablaničko jezero, iznosi 13 km. Visinska razlika je oko 210 m, tako da prosječni pad iznosi 1,61 %. S desne strane prima potoke Crimu i Gračanicu, a s lijeve Duščicu i Volujak.

Povoljni klimatski uslovi i obilne padaline s jedne strane, te značajni padovi i povoljni uvjeti izgradnje s druge strane, uvjetovali su interes za hidroenergetskim korištenjem ovih pritoka rijeke Rame. Tako su na pritokama Crimu, Duščica i Gračanica već izgrađene male hidroelektrane, dok je na Volujaku realizacija projekata u tijeku.

Relativno veliki uzdužni pad korita rijeke Rame i obilne količine voda njenih pritoka, predstavljaju također prirodni potencijal koji je moguće hidroenergetski koristiti izgradnjom niza malih hidroelektrana. U tom cilju je od strane firme „Ecco-Crima“ d.o.o. Prozor–Rama pokrenuta inicijativa za izradu „Hidrološko-hidroenergetske studije srednjeg toka rijeke

Rame (Potez od brane do strojarnice postojeće HE Rama)“ kako bi se identificirao taj potencijal, te sagledao optimalan način njegovog korištenja.

## 2.1 Prirodni uvjeti razmatrane dionice rijeke Rame

Vode rijeke Rame uzvodno od naselja Mluše, koncentrirane izgradnjom brane i formiranjem akumulacije, već su hidroenergetski iskorištene izgradnjom derivacijskog postrojenja. Tako je

potez rijeke Rame od Mluša do Marine pećine „ostao“ bez tih voda, odnosno vode koje sada

teku koritom rijeke Rame na ovom potezu potječu od međudotoka i pritoka.

Obzirom da je od puštanja HE Rama u pogon do sada proteklo skoro 45 godina, na toj dionici korita r. Rame uspostavilo se neko novo prirodno stanje. Radi toga, kada se govori o prirodnim uvjetima ove dionice, misli se na novo prirodno stanje koje se uspostavilo nakon

izgradnje HE Rama.

U pogledu postojećeg stanja, naseljenosti, infrastrukturnih objekata i općih uvjeta izgradnje hidroenergetskih objekata, na srednjem toku rijeke Rame od naselja Mluše do Marine pećine, ukupne dužine oko 13 km, izdvajaju se također tri dionice: donja, srednja i gornja.

**Donji tok** obuhvaća dionicu od Marine pećine do lokaliteta Crni Most, dužine oko 4,7 km. Značajni protoci i pad korita čine ovu dionicu zanimljivom s hidroenergetskog aspekta.

**Srednji tok** obuhvaća dionicu od Crnog mosta do uzvodnog kraja naselja Lug, dužine oko 4 km. Na ovoj dionici rijeka Rama također prima dvije značajne pritoke: s lijeve strane Duščicu i s desne Crimu. Hidroenergetski potencijal ovih pritoka je već iskorišten. Magistralni put Jablanica – Prozor na ovom potezu ide lijevom obalom, uz korito rijeke je veći broj stambenih objekata i privatnih imanja, a uzdužni pad korita je znatno manji. Radi toga ova dionica s hidroenergetskog aspekta nije zanimljiva.

**Gornji tok** obuhvaća dionicu od postojeće brane HE Rama do naselja Lug, dužine oko 4,5 km. Na ovoj dionici rijeka Rama prima samo lijevu pritoku Badanj. U pogledu hidroenergetskog korištenja ova dionica je povoljnija od srednjeg toka, a zbog znatno manjih protoka mnogo nepovoljnija nego donji dio toka.

## 2.2 Izbor najpovoljnijeg načina hidroenergetskog korištenja razmatrane dionice rijeke Rame

Na osnovu gore navedenih prirodnih uvjeta i prirodnog hidroenergetskog potencijala koji su obrađeni u studiji pod nazivom: „Hidrološko-hidroenergetske studije srednjeg toka rijeke Rame (Potez od brane do strojarnice postojeće HE Rama)“, urađenoj od strane projektanta: Encos d.o.o. Sarajevo u listopadu 2013. godine, u istoj Studiji, konstatirano je sljedeće:

- Specifični energetski kapacitet najveći je na III. dionici, odnosno donjem dijelu toka razmatrane dionice rijeke Rame od Crnog mosta do Marine pećine. Korištenje ovog potencijala je realno moguće.
- Specifični energetski kapacitet I. dionice, od postojeće brane do vodozahvata postojećeg ribnjaka, odnosno od km 0+000 do km 2+700 (vidjeti priloge), još uvijek je opravdano i realno moguće koristiti.
- Hidroenergetsko korištenje II. dionice, od km 2+700 do Crnog mosta, nije povoljno, kako s aspekta veličine specifičnog energetskog kapaciteta tako i realnih uvjeta izvođenja.

Generalno opredjeljenje obrađivača Studije iz 2013. god. je bio definirati najpovoljniji način hidroenergetskog korištenja samo najuzvodnijeg i najnizvodnijeg dijela razmatrane dionice rijeke Rame, odnosno da se dionica korita od lokacije postojećeg ribnjaka do Crnog mosta isključi iz razmatranja. Postojalo je više razloga da se središnji dio dionice ne razmatra kao dionica koju je opravdano hidroenergetski koristiti: mali pad, privatno zemljište, infrastrukturni objekti, itd.

*Tablica 1: Karakteristike MHE na rijeci Rami*

PARAMETAR	NAZIV POSTROJENJA				
	MHE GRADINA	MHE MODRI VIR	MHE CRNI MOST	MHE GRAČANICA	MHE MARINA PEĆINA
Srednji višegodišnji protok $Q_{sr}$ [ $m^3/s$ ]	1,00	1,00	5,00	5,56	5,56
Instalirani protok postrojenja $Q_i$ [ $m^3/s$ ]	1,20	1,20	6,00	8,00	8,00
Broj i tip turbine	2x Francis	2xKaplan	2x Francis	2xKaplan	2xKaplan
Tip postrojenja	protočno-derivacijsko	protočno-derivacijsko	protočno-derivacijsko	protočno-pribransko	protočno-pribransko
Instalirana snaga postrojenja $P$ [kW]	265	96	1522	786	793
Moguća godišnja proizvodnja $E_g$ [kWh]	1.380.695	503.244	5.461.709	4.108.703	4.128.784

Dionicu r. Rame od postojeće brane Rama do lokacije postojećeg ribnjaka, dužine oko 2700 m, karakterizira relativno mali protok koji uglavnom potječe od lijeve pritoke Badanj. Zato je s hidroenergetskog aspekta zanimljiva samo dionica od ušća te pritoke do lokacije postojećeg ribnjaka, dužine cca. 1750 m i bruto pada 41 m. Na osnovu tada raspoloživih geodetskih podloga i ocjene geomorfoloških uvjeta na terenu, ocjenjeno je da je oву dionicu opravdano hidroenergetski koristiti s dva derivacijska postrojenja: MHE Gradina i MHE Modri vir. U narednim fazama projekta, kad se bude raspolagalo s kvalitetnijim podlogama, ovakav koncept rješenja je neophodno još jednom razmotriti i eventualno prilagoditi.

Obzirom na nešto veću koncentraciju pada neposredno nizvodno od lokacije Crni most, nameće se rješenje sa izgradnjom jednog derivacijskog postrojenja sa zahvatom u neposrednoj blizini mosta i lokacijom strojarnice na jednoj terasi uzvodno od naselja Gračanica. Pri tome bi se derivacijski cjevovod izvodio na prostoru između puta i korita rijeke. Ovo postrojenje je obrađeno kao MHE Crni most.

Nizvodna dionica dužine oko 1 km, na kome su ušća pritoka Gračanica i Volujak te više stambenih objekata s okućnicama nije povoljna za bilo kakve aktivnosti oko izgradnje hidroenergetskih objekata.

Od stacionaže 10+700 do kraja razmatrane dionice značajan je prirast protoka i koncentracija pada. Ta činjenica i utvrđeni uvjeti na terenu nameću rješenja hidroenergetskog korištenja ove dionice s pribranskim postrojenjima. Tako je usvojen koncept s dva postrojenja: MHE Gračanica i MHE Marina pećina. Dok je MHE Marina pećina tipično pribransko postrojenje, MHE Gračanica ima kratku kanalsku derivaciju kako bi se smanjila visina brane.

## **2.3 Opis usvojenih tehničkih rješenja**

### **2.3.1 MHE Gradina**

MHE Gradina na rijeci Rami je protočno - derivacijsko postrojenje koje se sastoji od sljedećih objekata: betonskog praga u koritu rijeke s vodozahvatom, tlačnog cjevovoda i strojarske zgrade. Kota gornje vode postrojenja je 436,00 m n. m., a kota donje vode 406,00 m n. m. Bruto pad postrojenja, kao razlika kote gornje i kote donje vode iznosi 30,00 m. Za instalirani protok elektrane od  $Q_i = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$  hidraulički gubici u sustavu iznose  $\Delta h = 3,70 \text{ m}$ , te s obzirom na vrijednost bruto pada od  $H_{br} = 30 \text{ m}$ , karakteristična vrijednost neto pada MHE Gradina iznosi  $H_n = 26,30 \text{ m}$ .

Prag u koritu rijeke i vodozahvat locirani su cca. 170 m nizvodno od ušća lijeve pritoke Badanj u rijeku Ramu. Kako bi se stabilizirala (fiksirala) kota gornje vode MHE Gradina, u koritu rijeke izvodi se poprečni betonski prag sa slobodnim preljevom, odnosno bez hidromehaničke opreme. Konstruktivna visina praga je 6,00 m, odnosno 4,00 m u odnosu na dno prirodnog korita. Hidraulički je oblikovan u vidu Creagerovog preljeva s kotom krune 436,00 m n. m. i ukupne dužine 20 m. S visinom preljevnog mlaza od 2,25 m može evakuirati protok od  $141 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{1/100}$ ).

Uz preljevni prag, na desnoj obali, smješten je vodozahvat kojeg čine: ulazni dio s bočnim zahvatom, sekundarna taložnica s muljnim ispustom i ulazna građevina tlačnog cjevovoda s finom rešetkom.

Dovod vode od vodozahvata do strojare je riješen pomoću ukopanog dovodnog tlačnog cjevovoda na desnoj obali rijeke Rame, ukupne dužine  $L = 760$  m. Usvojene su cijevi od stakloplastike, odnosno cijevi od poliesterske smole s kvarcnim pijeskom armirane staklenim vlaknima (GRP – cijevi), nominalnog promjera DN 800 mm, nazivnog tlaka 6 bara i nazivne krutosti SN 5000 N/m<sup>2</sup>.

Strojarnica je locirana na desnoj obali, neposredno uz korito rijeke Rame. Obzirom na odabrani instalirani protok  $Q_i = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$ , neto pad postrojenja  $H_n = 26,30$  m, u strojarnici su instalirane dvije turbine tipa Francis.

### 2.3.2 MHE Modri vir

MHE Modri vir na rijeci Rami je protočno - derivacijsko postrojenje koje se sastoji od sljedećih objekata: betonskog praga u koritu rijeke s vodozahvatom, tlačnog cjevovoda i strojarske zgrade. Kota gornje vode postrojenja je 406,00 m n. m., a kota donje vode 395,00 m n. m. Za instalirani protok elektrane od  $Q_i = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$  hidraulički gubici u sustavu iznose  $\Delta h = 1,50$  m, te s obzirom na vrijednost bruto pada od  $H_{br} = 11$  m, karakteristična vrijednost neto pada MHE Modri vir iznosi  $H_n = 9,50$  m.

Prag u koritu rijeke i vodozahvat locirani su neposredno nizvodno od strojarske zgrade uzvodnog postrojenja MHE Gradina. Kota gornje vode MHE Modri vir iznosi 406,00 m n. m. i istovjetna je koti donje vode MHE Gradina. To je ujedno i kota krune betonskog praga u koritu rijeke, čija visina u odnosu na prirodno korito iznosi 4,0 m. Kako bi se izbjegla ugradnja hidromehaničke opreme, usvojeno je rješenje sa slobodnim preljevom, dužine preljevne ivice 20 m. Visina preljevnog mlaza pri pojavi velike vode stogodišnjeg povratnog perioda je 2,25 m.

Uz preljevni prag, na desnoj obali, smješten je vodozahvat kojeg čine: ulazni dio s bočnim zahvatom, sekundarna taložnica s muljnim ispustom i ulazna građevina tlačnog cjevovoda s finom rešetkom.

Dovod vode od vodozahvata do strojarnice je riješen pomoću ukopanog dovodnog tlačnog cjevovoda na desnoj obali rijeke Rame, ukupne dužine  $L = 300$  m. Usvojene su cijevi od stakloplastike, odnosno cijevi od poliesterske smole s kvarcnim pijeskom armirane staklenim vlaknima (GRP – cijevi), nominalnog promjera DN 800 mm, nazivnog tlaka 6 bara i nazivne krutosti SN 5000 N/m<sup>2</sup>.

Strojarnica je smještena na riječnoj terasi na desnoj obali rijeke Rame, na stac. km 2+700 od brane HE Rama, a neposredno uzvodno od zahvata postojećeg ribnjaka. Obzirom na odabrani instalirani protok  $Q_i = 1,20$  m<sup>3</sup>/s, neto pad postrojenja  $H_n = 9,50$  m, u strojari su instalirane dvije turbine tipa Kaplan.

### 2.3.3 MHE Crni most

MHE Crni most je akumulacijsko – derivacijsko postrojenje s protočnim režimom rada, koje čine sljedeći objekti: brana s vodozahvatom, tlačni cjevovod i strojarska zgrada. Bruto pad postrojenja, kao razlika kote gornje (341,00 m n. m.) i kote donje vode (308,00 m n. m.) iznosi 33,00 m. Za instalirani protok elektrane od  $Q_i = 6,00$  m<sup>3</sup>/s gubici u sustavu iznose  $\Delta h = 2,80$  m, te s obzirom na vrijednost bruto pada od  $H_{br} = 33,00$  m, karakteristična vrijednost neto pada MHE Crni most iznosi  $H_n = 30,20$  m.

Pregradni profil MHE Crni most je lociran neposredno nizvodno od mosta na magistralnom putu Prozor – Jablanica, po kojem je postrojenje i dobilo ime. Kota kolovozne konstrukcije mosta je 344,00 m n. m. Branu čine sljedeći objekti: preljevni prag s brzotokom i ski-odskokom, gravitacijski blok i vodozahvat. Kota krune brane je 343,00 m n. m.

Kota normalnog uspora je 341,00 m n. m. i ujedno predstavlja kotu gornje vode (KGV) postrojenja, a usvojena je poštjujući visinske odnose dna korita i okolnog područja. Tu se prije svega misli na spomenuti most na magistralnom putu Prozor - Jablanica.

Za evakuaciju velikih voda predviđena su dva preljevna polja širine 2x6,00 m, opremljena s regulacijskom klapnom tipa „riblji trbuh“. Kota krune preljeva je 336,50 m n. m.

Preljevni prag je oblikovan po Creageru za visinu preljevnog mlaza od 4,50 m. Propusna moć pri koti normalnog uspora 341,00 m n. m. iznosi 222,5 m<sup>3</sup>/s, a pri koti maksimalnog uspora 341,10 m n. m. iznosi 230 m<sup>3</sup>/s, što odgovara velikoj vodi povratnog perioda 1/100 godina.

Uzvodna kontura preljevnog praga je vertikalna, a nizvodna je izvedena u nagibu 1:1. Nizvodna kontura preljevnog bloka završava sa hidraulički oblikovanim ski-odskokom. Maksimalna konstruktivna visina praga je 15,80 m, a visina do prirodnog terena 10,0 m. Preljevna polja su međusobno odvojena razdjelnim zidom debljine 2,00 m, dužine 21,75 m i promjenljive visine u pravcu toka.

Lijevi obalni zid i zid prema desnoj obali koji odvaja preljevni blok od vodozahvata su širine 1,50 m i dužine 21,75 m. Kota krune ovih zidova je ista na cijeloj dužini i iznosi 343,00 m n. m.

Vodozahvat je lociran na desnoj obali rijeke Rame. Dovod vode od vodozahvata do strojarnice je riješen pomoću ukopanog dovodnog tlačnog cjevovoda na desnoj obali rijeke Rame između magistralnog puta i korita rijeke, ukupne dužine 1.450 m. Usvojene su cijevi od stakloplastike, odnosno cijevi od poliesterske smole s kvarcnim pijeskom, armirane staklenim vlaknima (GRP – cijevi), nominalnog promjera DN 1800 mm, nazivnog tlaka 6 bara i nazivne krutosti SN 5000 N/m<sup>2</sup>.

Strojarnica je smještena na riječnoj terasi, 360 m uzvodno od ušća desne pritoke Gračanice u rijeku Ramu. Locirana je na desnoj obali rijeke Rame, odnosno na stac. km 9+700 od brane HE Rama. Obzirom na odabrani instalirani protok  $Q_i = 6,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , neto pad postrojenja  $H_n = 30,20 \text{ m}$ , u strojarnici su instalirane dvije turbine tipa Francis.

### 2.3.4 MHE Gračanica

MHE Gračanica je akumulacijsko – pribransko postrojenje s protočnim režimom rada, koje čine sljedeći objekti: brana s vodozahvatom, dovodni kanal, tlačni cjevovod i strojarska zgrada. Bruto pad postrojenja, kao razlika kote gornje (300 m n. m.) i kote donje vode (288,00 m n. m.) iznosi 12,00 m. Za instalirani protok elektrane od  $Q_i = 8,00 \text{ m}^3/\text{s}$  gubici u sustavu iznose  $\Delta h = 0,30 \text{ m}$ , te s obzirom na vrijednost bruto pada od  $H_{br} = 12,00 \text{ m}$ , karakteristična vrijednost neto pada MHE Gračanica iznosi  $H_n = 11,70 \text{ m}$ .

Pregradni profil MHE Gračanica je lociran cca. 360 m uzvodno od ušća lijeve pritoke Ljuti potok u rijeku Ramu. Branu čine sljedeći objekti: preljevni prag s brzotokom i ski-odskokom, gravitacijski blok i vodozahvat. Kota krune brane je 302,00 m n. m. Za evakuaciju velikih voda predviđena su dva preljevna polja širine 2x12,00 m, opremljena s regulacijskom klapnom tipa „riblji trbuh“. Kota krune preljeva je 297,00 m n. m.

Preljevni prag je oblikovan po Creageru za visinu preljevnog mlaza od 3,00 m. Propusna moć pri koti normalnog/maksimalnog uspora 300,00 m n. m. iznosi 262,00 m<sup>3</sup>/s, što odgovara velikoj vodi povratnog perioda 1/100 godina.

Uzvodna kontura preljevnog praga je vertikalna, a nizvodna je izvedena u nagibu 1:1. Nizvodna kontura preljevnog bloka završava s hidraulički oblikovanim ski-odskokom. Maksimalna konstruktivna visina praga je 12,70 m, a visina do prirodnog terena 8,0 m. Preljevna polja su međusobno odvojena razdjelnim zidom debljine 2,00 m, dužine 15,30 m i promjenljive visine u pravcu toka.

Lijevi obalni zid i zid prema desnoj obali koji odvaja preljevni blok od vodozahvata su širine 1,50 m i dužine 15,30 m. Kota krune ovih zidova je ista na cijeloj dužini i iznosi 302,00 m n. m.

Vodozahvat je lociran na desnoj obali rijeke Rame. Dovod vode od vodozahvata do strojare je riješen pomoću derivacijskog kanala, na desnoj obali rijeke Rame, ukupne dužine 70 m. Dovodni kanal je projektiran kao otvoreni betonski kanal pravokutnog presjeka u kojem je tečenje sa slobodnom površinom. Poprečni presjek kanala je  $b \times h = 4 \times 2,4$  m, s normalnom dubinom vode od 2,00 m. Zidovi i dno kanala su debljine 0,40 m.

Strojarnica je smještena na riječnoj terasi, 360 m uzvodno od ušća desne pritoke Gračanice u rijeku Ramu. Locirana je na desnoj obali rijeke Rame, odnosno na stac. km 9+700 od brane HE Rama. Obzirom na odabrani instalirani protok  $Q_i = 8,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , neto pad postrojenja  $H_n = 11,70$  m, u strojarnici su instalirane dvije turbine tipa Kaplan.

Produbljenje korita rijeke Rame izvršit će se nizvodno od strojarske zgrade, na dužini od oko 75 m, s ciljem povećanja bruto pada.

### 2.3.5 MHE Marina pećina

MHE Marina pećina je akumulacijsko – pribransko postrojenje s protočnim režimom rada, koje čine sljedeći objekti: brana s vodozahvatom, turbinski dovodi i strojarska zgrada. Bruto pad postrojenja, kao razlika kote gornje (288 m n. m.) i kote donje vode (276,00 m n. m.) iznosi 12,00 m. Za instalirani protok elektrane od  $Q_i = 8,00 \text{ m}^3/\text{s}$  gubici u sustavu iznose  $\Delta h = 0,20$  m, te s obzirom na vrijednost bruto pada od  $H_{br} = 12,00$  m, karakteristična vrijednost neto pada MHE Marina pećina iznosi  $H_n = 11,80$  m.

Pregradni profil MHE Marina pećina je lociran cca. 370 m uzvodno od lokaliteta Marina pećina koji se nalazi na desnoj obali, po kojem je postrojenje i dobilo ime. Branu čine sljedeći objekti: preljevni prag s brzotokom i ski-odskokom, gravitacijski blok i vodozahvat. Kota krune brane je 290,00 m n. m.

Za evakuaciju velikih voda predviđena su dva preljevna polja širine 2x7,00 m, opremljena s regulacijskom klapnom tipa „riblji trbuh“. Kota krune preljeva je 283,50 m n. m.

Preljevni prag je oblikovan po Creageru za visinu preljevnog mlaza od 3,00 m. Propusna moć pri koti normalnog/maksimalnog uspora 288,00 m n. m. iznosi 262,00 m<sup>3</sup>/s, što odgovara velikoj vodi povratnog perioda 1/100 godina.

Uzvodna kontura preljevnog praga je vertikalna, a nizvodna je izvedena u nagibu 1:1. Nizvodna kontura preljevnog bloka završava s hidraulički oblikovanim ski-odskokom. Maksimalna konstruktivna visina praga je 18,80 m, a visina do prirodnog terena 13,0 m. Preljevna polja su međusobno odvojena razdjelnim zidom debljine 2,00 m, dužine 22,85 m i promjenljive visine u pravcu toka.

Lijevi obalni zid i zid prema desnoj obali koji odvaja preljevni blok od vodozahvata su širine 1,50 m i dužine 22,85 m. Kota krune ovih zidova je ista na cijeloj dužini i iznosi 290,00 m n. m. Vodozahvat je lociran na desnoj obali rijeke Rame, a čine ga dva otvora istih dimenzija, opremljena finom rešetkom i tablastim zatvaračem. Ulazni otvori međusobno odvojeni razdjelnim zidom formiraju i odvojene turbineske dovode za svaku od turbine.

Na turbineske dovode se nastavlja strojarnica s izlaznom vadom. Obzirom na odabrani instalirani protok  $Q_i = 8,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , neto pad postrojenja  $H_n = 11,80 \text{ m}$ , u strojarnici su instalirane dvije turbine tipa Kaplan.

Osnovna koncepcija formiranja pada na profilu MHE Marina pećina je da se to ostvari jednim dijelom izgradnjom brane u koritu rijeke, a drugim dijelom prokopavanjem nizvodnog korita kako bi se što više spustila razina donje vode i povećala energetska efikasnost postrojenja. Produbljenje korita rijeke Rame izvršit će se nizvodno od strojare, na dužini od oko 100 m.

### **3. OPIS OKOLIŠA NA KOJI PROJEKT MOŽE IMATI UTJECAJ**

#### **3.1 Geološke i hidrogeološke karakteristike**

##### **Geološka građa**

Geološka građa na području Općine Prozor-Rama je stratigrafsko litološki dosta složena. U građi geološkog stupa sudjeluju naslage od silura, devona, prema trijasa, jure i dijelom krede preko kojih su istaložene najmlađe miocenske i kvartarne naslage. U razdoblju do srednjeg trijasa dolazilo je do probaja eruptivnih masa koje se danas na površini susreću u vidu metamorfiziranih riolita, kvarckeratofira te gabra, dijabaza, diorita i dr.

Najstarije naslage pripadaju siluru i prijelazu silura ka devonu (S,D). Izgrađeni su od kvarc liskunovitih, liskunovitih-kvarc-grafitičnih i kvarc-liskunovitih-kloritskih škriljaca, zatim

argilošista, alverolita, matpješčenjaka i breča. U okviru ovih naslaga pojavljuju se uslojeni i masivni mramori, kvarciti, kvarcni pješčenjaci, rožnjaci i litidi, te masivni vapnenci i dolomiti. Procijenjena ukupna debljina ovih naslaga je oko 800 m. Devonske naslage nisu jasno izdvojene od silura. Uglavnom se smatra da karbonatne naslage – masivni dolomiti, vapnenci i mramori pripadaju devonskim naslagama. Na površini terena su zastupljene u sjeveroistočnim dijelovima Općine. Permske naslage ( $P_3$ ) su zastupljene po obodu izdvojenih silur–devonskih tvorevina, konkordantno su istaložena preko njih i dosta su heterogene litološke građe. U građi ovih naslaga sudjeluju kvarc-liskunoviti-karbonatni škriljci, zatim pjeskoviti vapnenci sa proslojcima kvarc-liskunovitih škriljaca, te masivni vapnenci. Također se pojavljuju i crveni glinci i pješčenjaci, kvarcni pješčenjaci i konglomerati. U ovoj seriji postoje proslojci gipsa. Permske naslage zastupljene su u sjeveroistočnim dijelovima područja Općine. Ukupna debljina ovih naslaga procijenjena je na preko 400 m.

Trijaske naslage su relativno dosta zastupljene na površini Općine. Predstavljene su donjim trijasom ( $T_1$ ) izgrađenom od crvenih pješčenjaka i pjeskovitih sivih vapnenaca, pjeskovitih i laporovitih vapnenaca, te kontaktno metamorfiziranih stijena – uglavnom mramora, pretežno u neposrednoj blizini eruptivnih probaja. Ukupna debljina je procijenjena na oko 400 m, a na području Općine je zastupljen na širem području njenog jugoistočnog dijela.

Srednji trijas ( $T_2$ ) izgrađen je uglavnom od dolomita i dolomitičnih vapnenaca s mjestimičnim umecima masivnih ili uslojenih vapnenaca. Ovih naslaga ima po obodu masiva Lisine, Podstrinja, u najvećoj mjeri izgrađuju masiv Kolivrata, širem području Varvice te širem području Draševa i Sjina planine.

Gornji trijas ( $T_3$ ) je izgrađen od bankovitih i masivnih vapnenaca. Zastupljen je na sjevernim padinama Lisine, većem dijelu masiva Križ (Crvene stijene), zatim na višim dijelovima kanjona Rame od Prozora do Zagorja, na području Lužine, na zapadnom dijelu masiva Gradina i Mijatove grude te na velikom dijelu masiva Crni vrh te na dijelovima Makljena, kao i na sjeveru Općine. Međutim, najveća zastupljenost je na sjeverozapadnom dijelu Općine od kojih je izgrađen gotovo cijeli masiv Raduša planine koji se nalazi na njenom području.

Jura (J) je izgrađena sa svoja tri kata ( $J_1; J_2; J_3$ ). Donja i srednja jura ( $J_1$  i  $J_2$ ) je izgrađena od pločastih i uslojenih tamnosmeđih vapnenaca s mjestimičnim ulošcima masivnih dolomita, dok je gornja jura ( $J_3$ ) dijelom izgrađena od masivnih dolomitičnih vapnenaca, dok su najvećim dijelom to sivi i smeđi uslojeni vapnenci. Jurske naslage izgrađuju najveći dio jugozapadnog dijela Općine.

Kreda (K) je zastupljena samo mjestimično sa svojim najstarijim tvorevinama ( $K_1$ ) i u cijelosti je izgrađena od debelo slojevitih i bankovitih vapnenaca sa pojavama dolomita u svojim najstarijim razinama. Izgrađuje pojedine dijelove zapadnog dijela Općine.

Transgresivno preko donje krede leže mlade miocenske naslage ( $M_{2,3}$ ). Pretežito se radi o laporovitim naslagama, brečama, konglomeratima laporovitim vapnencima i mogućim proslojcima ugljena čija je ukupna debljina procijenjena na više od 600 m. Ove naslage zastupljene su u središnjem dijelu Općine, poglavito u području akumulacije HE Rama koja sa svojim slabo provodnim značajkama omogućuje njen formiranje.

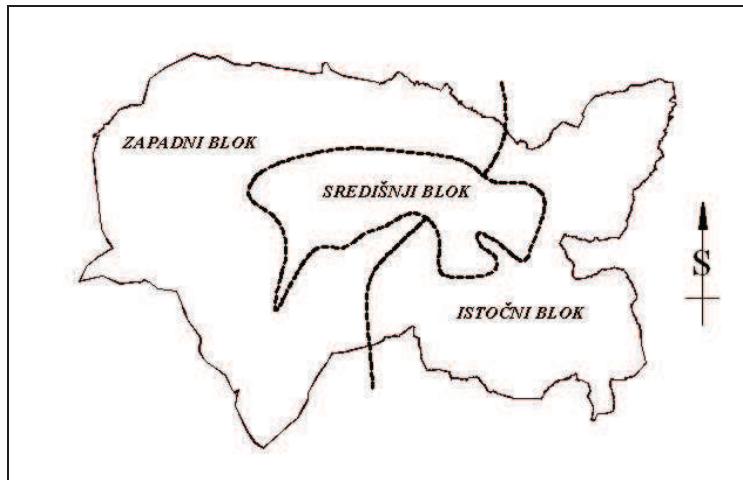
Najmlađe kvartarne naslage (Q – al; gl; d) su lokalnog značaja, javljaju se kao deluvijalne, glacijalne i aluvijalne naslage u koritu Rame i mjestimično koritima njenih pritoka. Značajnije prostore zauzimaju glacijalne naslage od djelomično zaobljene drobine i kamenih blokova s većim sadržajem glinovitog, laporovitog i humusnog materijala. Znatnije su zastupljene u području Slima, Prozorske doline, te na krajnjem jugozapadnom dijelu Općine u području Prokos–Plandišta.

Općenito gledajući na području Općine Prozor–Rama u tektonskom pogledu postoje tri različita dijela.

Istočni dio - relativno izdignut s pretežito starim naslagama od silura do donjeg trijasa i mjestimičnim pojavama probaja eruptiva i metamorfita. Struktura ovog bloka ukazuje na postojanje navlačenja i vrlo poremećenih krila navlaka i pratećih boranja intenzivnom razlomnom tektonikom koja u cjelini odudara od općeg dinarskog pružanja. To jasno ukazuje da su na strukturno tektonske odnose ovog bloka utjecale sile eruptivnih probaja. Zapadni blok je izgrađen od relativno mlađih stijena starosti od trijasa do krede, i strukturama koje se zajedno s razlomnom tektonikom uklapaju u opće dinarsko pružanje. U ovom bloku nema tragova utjecaja niti pojava eruptivnih probaja. Pretežito karbonatni sastav ovog bloka imao je za posljedicu intenzivno okršavanje i nedostatak površinskih tokova.

Granica između ova dva bloka je tektonski raskinuto čelo navlake, popraćeno eruptivnim probojima s južne strane i velikim normalnim rasjedom sa sjeverne strane.

Središnji dio prekriven je najmlađim miocenskim sedimentima i u velikoj mjeri je erodiran. Strukture su blage sa pružanjem sjeverozapad–jugoistok.



Slika 1: Općina Prozor-Rama shematski prikaz tektonskih blokova  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)

Na prostoru općine Prozor -Rama zastupljene su :

- čvrste stijene,
- vezane stijene, i samo lokalno
- nevezane stijene.

Čvrste stijene su pretežno vapnenci i dolomiti, a tu spadaju i mjestimične pojave eruptiva i metamorfita. U ovoj kategoriji se nalaze i donje trijaske i palezojske škriljave stijene koje su od prethodnih znatno lošijih fizičko mehaničkih značajki. Vapnenci i dolomiti izgrađuju najveći dio sjeverozapadnog i zapadnog dijela Općine, a samo manjim dijelom na jugoistočnom i istočnom njenom dijelu. Vapnenci pripadaju skupini čvrstih kamenitih stijena unutar kojih se po stupnju mehaničke oštećenosti i okršavanja razlikuju tri varijeteta:

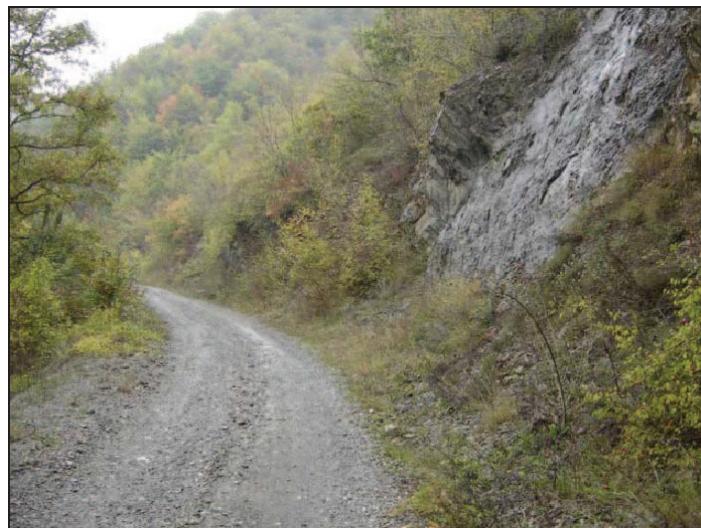
- površinski vrlo degradirana zona stijenske mase,
- prijelazna zona djelomično degradirane stijenske mase i
- manje degradirana zona osnovne stijenske mase.

Površinski sloj je vrlo izlomljen i okršen s izraženim pukotinama zapunjениh glinovitom – limonitnom i humusnom ispunom. Dubina ove zone nije ujednačena, a u zoni većih tektonskih lomova i vrtača je znatno dublja. Uglavnom se kreće do dubine od oko 3 m i po parametru vertikalnog opterećenja pripada skupini slabih do srednje čvrstih stijena sa čvrstoćom na tlak u granicama od 40 – 80 N/mm<sup>2</sup>. Prema koeficijentu RQD to je skupina slabih stijena (25 – 50 %), a po parametru stabilnosti kosina bi pripadala V. skupini (prema klasifikaciji T. Novosela) vrlo okršenih stijena sa pojavom manjih blokova i milonitiziranih zona. Pukotine su veće širine ispunjene glinenom ispunom i fragmentima osnovne stijene ili polu vezanim brečama.



*Slika 2: Rastreseni površinski dio i prijelazni dio gornje trijaskih vapnenaca  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

Prijelazna zona je najčešće na dubini od 3 – 6 m i srednjeg je intenziteta mehaničke oštećenosti. Prema parametru čvrstoće pripada skupini srednje čvrstih do čvrstih stijena s vrijednostima jednoaksijalne čvrstoće u granicama od 80 – 150 N/mm<sup>2</sup>. Po RQD koeficijentu stijena je u kategoriji dobre do dovoljno dobre (50 – 75 %) a po parametru stabilnosti kosina pripadala bi III. kategoriji srednje okršenih stijena sa pojavom blokova srednje veličine, srednje gustoće pukotina manje do srednje širine koje su samo djelomično ispunjene glinenom ispunom ili crvenicom.



*Slika 3: Bazične vrlo kompaktne eruptivne stijene u dolini toka Crime  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

Dublje je kompaktnija stijenska masa koja pripada skupini dobro čvrstih stijena s čvrstoćom na tlak  $> 150 \text{ N/mm}^2$ , a prema RQD faktoru je dobra do odlična (75 – 90 %) i po parametru stabilnosti bi pripadala II. kategoriji slabo okršene, odnosno stijene s velikim

blokovima, rjeđim pukotinama manje širine sa površinama najčešće presvučenim glinenim filmom. Samo mjestimično ove stijene su prekrivene humusom i drobinskim pokrivačem koji rijetko prelazi debljinu od jednog metra, osim u središtu vrtača koje u načelu predstavljaju dijelove terena s upitnim uvjetima bilo kakve gradnje.

Slično je i kod eruptivnih i metamorfnih stijena, osim što su na dubinama većim od 7 m, vrlo čvrste kamenite stijene s jednoaksinjalnim čvrstoćama  $> 200 \text{ N/mm}^2$ , a po RQD faktoru su odlične ( $> 90\%$ ) i svrstavaju se u I.–II. kategoriju prema parametru stabilnosti kosina.

Donji trijaski i paleozojski škriljci i tanko slojeviti pješčenjaci se sastoje uglavnom od dvije različite zone po parametru degradiranosti:

- površinske degradirane zone do dubine od oko 5 m i
- temeljne stijene.

Degradirani površinski sloj pripada skupini dosta mehanih stijena s čvrstoćom na tlak manjom od  $1 \text{ N/mm}^2$ . Faktor RQD je manji od 1, a kut unutarnjeg trenja je manji od  $30^\circ$ . Vrijednosti kohezije su redovito manje od 100 kPa. Stijena u ovoj zoni je vrlo higroskopna; u uvjetima povećane vlažnosti znatno pogoršava fizičko mehaničke parametre, a u slučaju eventualnih dodatnih opterećenja sklene su klizanju na padinama većeg nagiba od  $25^\circ$ .



*Slika 4: Degradirani površinski sloj i pokrivač donje trijaskih škriljaca  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

Osnovna škriljava stijena pripada skupini srednje čvrstih do mehanih stijena s čvrstoćom na tlak od  $20 - 40 \text{ N/mm}^2$ . Po parametru stabilnosti pripada IV. skupini s kutom unutarnjeg trenja unutar granica  $35 - 40^\circ$ , i kohezijom od  $200 - 300 \text{ kPa}$ .



*Slika 5: Paleozojski uškriljeni i tankopločasti pješčenjaci  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

Miocenske naslage su izgrađene od proslojaka laporovitih vapnenaca, pješčenjaka, breča i laporovitih glina. Prema ovako slojevitom i heterogenom sastavu moguće je izdvojiti samo dvije kategorije:

Proslojci čvrstih stijena izgrađenih od laporovitih vapnenaca, pješčenjaka, breča i konglomerata koji bi pripadali kategoriji srednje čvrstih stijena s jednoaksijalnom čvrstoćom u granicama od  $40 - 80 \text{ N/mm}^2$ , prema RQD faktoru kategoriji dovoljno do dobrih stijena ( $50 - 80\%$ ), a prema stabilnosti IV. kategoriji s kutom unutarnjeg trenja oko  $40^\circ$  i kohezijom u granicama od  $200 - 300 \text{ kPa}$ .

Proslojci smeđih i sivih laporovitih glina pripadaju skupini mekih vezanih stijena s čvrstoćom na tlak manjom od  $1 \text{ N/mm}^2$ , kutom unutarnjeg trenja manjim od  $30^\circ$  i kohezijom manjom od  $100 \text{ kPa}$ .

Na području prekrivenim glacijalnim naslagama, često i deluvijalnim materijalom, nalaze se fragmenti svih veličina čvrste stijene s relativno visokim sadržajem glinene primjese. To je skupina vezanih stijena. Prema jednoaksijalnoj čvrstoći na tlak, to je skupina slabih stijena ( $20 - 40 \text{ N/mm}^2$ ), a prema stabilnosti padina V. skupina s kutom unutarnjeg trenja od  $30-35^\circ$  i kohezijom od  $150 - 200 \text{ kPa}$ .

U skupini nevezanih stijena su aluvijalni šljunak i pjesak, te dijelom deluvijalne drobinske naslage. Slabo su rasprostranjene, a promatrajući općenito, inženjerskogeološke značajke Općine, ove naslage nemaju bitnog značaja. U pravilu sadrže dosta glinene primjese i laporastih frakcija, te kao šljunčani agregat i nisu kvalitetna sirovina.

## **Hidrogeologija**

Hidrogeološki odnosi na širem području Općine su dosta složeni, kako po vrstama hidrogeoloških jedinica, tako i po formiranim slivovima i pravcima tečenja podzemnih voda.

Na području Općine se generalno mogu izdvojiti tri vrste stijenskih masa - vodonosnika s različitim prevladavajućim hidrogeološkim funkcijama u sklopu terena. To su :

- Hidrogeološki kolektori,
- Hidrogeološki izolatori i
- Stijenske mase s promjenjivim funkcijama hidrogeološkog kolektora i hidrogeološkog izolatora.

U hidrogeološke kolektore svrstane su uglavnom sve karbonatne stijene trijasa, jure i krede unutar kojih se razlikuju:

- Hidrogeološki kolektori s razvijenom pukotinsko – kavernoznom poroznošću – intenzivno okršene stijene i
- Hidrogeološki kolektori sa srednje do slabo razvijenom pukotinskom poroznošću – dolomiti srednjeg trijasa ( $T_2$ ).

U skupinu hidrogeoloških kolektora također spadaju aluvijalne šljunkovite i pjeskovite naslage u donjim tokovima rijeke Rame i pripadajućih pritoka. Kako ove naslage zauzimaju relativno male prostore, nemaju značajniju hidrogeološku funkciju na ovom području.

U stijene s prevladavajućom funkcijom hidrogeoloških izolatora pripadaju magmatske i metamorfne stijene s relativno slabom efektivnom pukotinskom poroznošću. U ovu skupinu spadaju i kvartarne deluvijalne i glacijalne naslage zbog visokog sadržaja glinene i laporovite primjese. U području razvijenog krša ove naslage, koje mogu biti debele i do 30 m, imaju funkciju tzv. "pokrivenog krša".

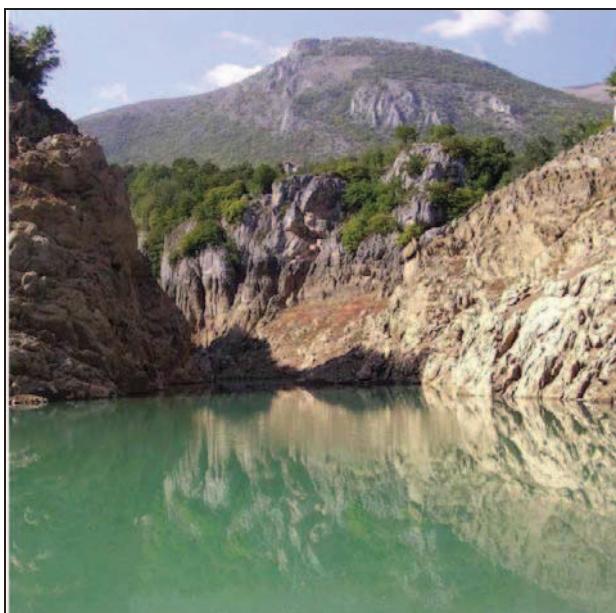
U okviru stijena s promjenjivim hidrogeološkim funkcijama postoje dvije različite skupine:

- Stijene sa kolektorskom funkcijom i pukotinskom poroznošću (breče, konglomerati, pješčenjaci, laporoviti vapnenci) i stijene s izrazitim izolatorskim značajkama (laporovite gline). Ove stijene su sadržane u miocenskim naslagama (M) i kao proslojci se izmjenjuju u geološkom stupu.
- Stijene heterogenih hidrogeoloških funkcija unutar kojih se naizmjenično smjenjuju proslojci s izrazitim kolektorskim funkcijama i jačom pukotinskom poroznošću (masivni i šupljikavi vapnenci, gips), stijene sa srednje do slabo razvijenom pukotinskom poroznošću (glinci, pješčenjaci, konglomerati, dolomiti, mramor, breče) te stijene sa slabo provodnim sposobnostima (škriljci). Sve tri izdvojene

vrste se međusobno izmjenjuju i uglavnom pripadaju naslagama paleojske i donjetrijaske starosti. Ovakav hidrogeološki sklop naslaga uvjetovao je pojavu velikog broja, najčešće stalnih izvora male izdašnosti (< 1 l/s).

Raspored izdvojenih jedinica i navedene dvije potkategorije s heterogenim hidrogeološkim funkcijama prikazani su na hidrogeološkoj karti u prilogu.

Na području Općine nalazi se veliki broj izvora različite izdašnosti. Hidrološki se ti izvori ne prate i njihova izdašnost je procijenjena tijekom obilaska terena. Izuzetak čini kaptirano vrelo Krupić koje je tijekom 1988. godine od strane Zavoda za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu ispitivano i za koje postoje pouzdanije procjene o izdašnosti i kakvoći sirove vode.



*Slika 6: Područje potopljenog vrela rijeke Rame (iz fotodokumentacije EP HB HE Rama), (Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

Na području Ramskog jezera postoje dva velika vrela:

- Vrela Rame i
- Vrelo Buk.

Kaptirano vrelo Krupić je izvan područja Ramskog jezera i nalazi se oko 1,5 km istočno od Prozora.

Sliv vrela Rame (Ljetno i Zimsko vrelo) obuhvaća sjeverozapadne dijelove Općine s izrazito okršenim vapnencima trijaske i jurske starosti. Ljetno vrelo je potopljeno akumulacijom HE Rama

Ukupni sliv sa kojeg podzemne vode dotječu na ova vrela pruža se dalje u pravcu sjeverozapada izvan granica Općine, obuhvaća masiv Ravašnice i područje Ravanjskog polja iz kojeg je trasiranjem podzemnih voda utvrđena podzemna veza s vrelima Rame.

Položaj razvodnica vezan je prema istoku za kontakt sa slabije propusnim srednjim trijaskim dolomitima, a s jugozapadne strane je približno postavljena prema utvrđenim strukturno-tektonskim odnosima.

Drugo, po veličini značajnije vrelo u području ramske akumulacije je vrelo Buk (u literaturi se često navodi kao vrelo Krupić, a u novijoj literaturi sa kao Krupić zove jedno manje vrelo u blizini). To je također krško vrelo sa značajnim slivom koji obuhvaća dijelove Vran planine sve do Dugopolja. S ponora Nikolića mlinice u Dugopolju je trasiranjem podzemne vode utvrđena podzemna s vrelom Buk. Cijeli sliv ima izrazito krške značajke i pripada zoni dubokog krša, kao i sliv vrela Rame.

Kaptirano vrelo Krupić na lokaciji Perići (1,5 km istočno od Prozora) je također krško vrelo izdašnosti u razdoblju malih voda oko 300 l/s i srednjim godišnjim protocima od oko 900 l/s (prema mjerjenjima Zavoda za hidrotehniku GF u Sarajevu 1988. god.). Ovo vrelo koristi se kao temeljno izvorište vodoopskrbnog sustava grada Prozora i šire. Sliv ovog vrela obuhvaća okrštene vapnence gornjeg trijasa u području masiva Crni Vrh i izduženo se pruža u pravcu sjeverozapada izvan granica Općine. Iz ovog okršenog masiva se duž tektonskih lomova kroz dolomite srednjeg trijasa podzemne vode usmjeravaju prema vrelu. Od strane navedenog Zavoda ispitivana je i kakvoća sirovih voda. Prema dobivenim rezultatima u to vrijeme kakvoća voda je bila u okviru dopuštenih granica propisanih za vode namijenjene vodoopskrbi. Prema mineraloškom sastavu vode vrela Krupić pripadaju srednje tvrdim vodama. Registrirana bakteriološka zagađenja su ovisna o izdašnosti i najveća su u nadolazećim većim vodnim valovima što upućuje na postojanje žarišta u neposrednom zaleđu samog izvorišta.

Ovo vrelo, značajne izdašnosti u razdoblju malih voda, pojavljuje se na relativno visokoj koti (cca. 550 m), ima izuzetno dobre vodoopskrbne uvjete (sličnih vrela na ovom području nema). Iz tog razloga ga svakako treba štititi, kako od mogućih zagađenja u području sliva tako i u pogledu količina koje se pojavljuju na samom vrelu (vode vrela se koriste i za ribnjake koji se nalaze neposredno uz vrelo, navodnjavanje i sl). Postojeću dokumentaciju u svezi zaštite ovog vrela svakako treba doraditi i u uskladiti s podacima novih hidrogeoloških saznanja i novom zakonskom regulativom, te odgovarajućom odlukom utvrditi mjere zaštite. Samo izvorište je u dosta trošnom stanju i trebalo bi ga obnoviti.

Postoji također još jedno vrelo nešto manje izdašnosti cca. 300 nizvodnije, približno kod ušća Ljubunačke rijeke u Dušicu. Prema tektonskim odnosima ova dva vrela bi trebala biti u spremi i imati dio zajedničkog sliva. Između ovog vrela i sliva vrela Rame nalazi se niz izvora uglavnom male i većinom stalne izdašnosti čiji sliv također obuhvaća dio okršenih

vapnenaca. Izvori se pojavljuju kao preljevi duž kontakta sa slaboprovodnim miocenskim i deluvijalnim naslagama.

Tečenje podzemnih voda na ostalim područjima je uglavnom vezano za starije formacije paleozoika i donjeg trijasa, odnosno heterogene serije s kolektorskim i slabo provodnim škriljavim stijenama u izmjeni. Tečenje podzemnih voda je rezultat uglavnom strukturnih odnosa ovih naslaga, a na hidrogeološkoj karti prikazani su samo njihovi generalni pravci mogućeg tečenja.



*Slika 7: Kaptirano vrelo Krupić u Perićima  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

### Seizmika

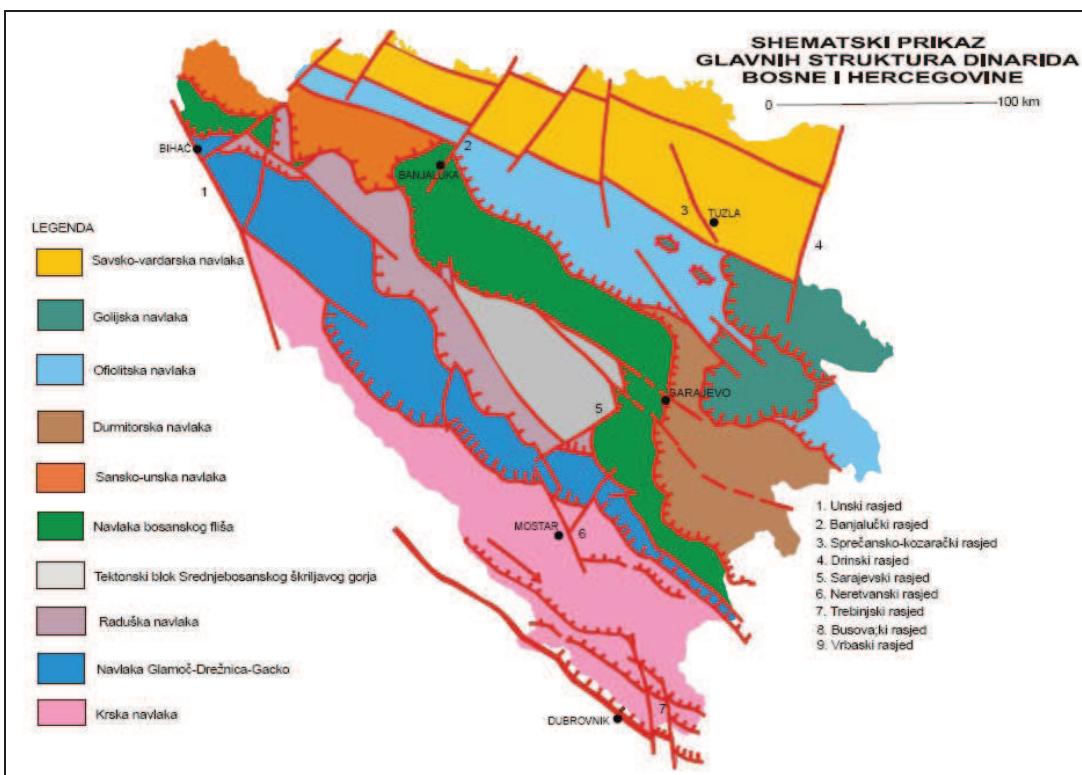
Seizmika šireg područja vezana je uz navlačno-borane strukture Dinarida (slika 8). Općina Prozor-Rama je pod lokanim utjecajem tektonskog bloka Srednjobosanskog škriljavog gorja, Raduške navlake i navlake Glamoč-Drežnica-Gacko.

U izraženoj navlačnoj strukturi Dinarida uočavaju se dubinski rasjedi koji se podudaraju s površinskom geološkom građom i strukturama, kao i tektonskim jedinicama.

Veoma je značajan Vrbaski rasjed koji prolazi područjem Općine. Iсти dijeli kompleks Srednjobosanskog škriljavog gorja od karbonatnih stijena mezozoika. Za rasjede koji su granica tektonskih blokova, vezana su žarišta već registriranih ali i budućih potresa.

Seizmika cijelog područja BiH vezana je uz podvlačenje kontinentalne ploče Afrike pod Europsku (Jadranska masa pod Dinaride gledajući uže područje), uslijed čega se stvaraju tektonski naponi koju se oslobađaju kao seizmička energija.

Područje općine Prozor-Rama nije seizmički aktivno kao što je područje Hercegovine ili obala Jadranskog mora. Potencijalna seizmičnost prema MCS skali je 6 stupnjeva (jaki zemljotres).



*Slika 8: Shematski prikaz glavnih struktura Dinarida Bosne i Hercegovine  
(Prostorni plan općine Prozor-Rama – Prostorna osnova, Ecoplan Mostar, 2010.)*

### 3.2 Klimatske i meteorološke karakteristike

Klima u spazi s drugim pedogenetskim čimbenicima uglavnom određuje poljoprivrednu proizvodnju. Različitost klime uglavnom ovisi o nadmorskoj visini i udaljenosti od mora, a najviše se izražava kroz temperature, te količine i raspored padalina. Što se ova dva temeljna parametra tiče, stanje klime u općini Prozor-Rama prikazano je u tablici:

*Tablica 2: Klimatski i meteorološki podaci – općina Prozor-Rama (Izvor: Strategija razvoja općine Prozor-Rama 2011-2020.)*

Meteorološka postaja	Prosječan broj sunčanih dana godišnje	Prosječna godišnja temperatura [°C]	Prosječna količina padalina [mm]	Kišni faktor	Oznaka klime
Prozor	270	9,5	855	90	semihumidna

Odnos godišnjih prosječnih vrijednosti padalina i temperatura na području Općine ukazuje da je ovdje klima uglavnom semihumidna (polusuha). Praktičan utjecaj na to ima različita

visinska raspoređenost ukupnog prostora koja počinje od niskih dijelova sa 270 m n. m. do visokih planina od 1.956 m n. m.

Nizinski dijelovi Općine pod blagotvornim su utjecajem izmijenjene mediteranske klime koja dolinom Neretve i Rame dopire od Mostara i Jablanice, ali s počecima viših brda i planina ona prelazi u svoje sasvim drugačije kontinentalne oblike.

Općina u godišnjoj sumi ima naglašenu količinu padalina, ali njihova pretežita raspoređenost izvan vegetacijske sezone utječe da poljoprivredne kulture na lakšim i poroznijim tlima, lako osjećaju sušu i tako umanjuju svoje prinose.

Submediteransko područje zauzima jug Općine i prostire se donjim tokom rijeke Rame i Jablaničkim jezerom. Karakteristike su mu vruća i žarka ljeta, te blaže i kišnije zime. To područje ima više svjetlosti i veći broj sunčanih dana tijekom godine. Ove klimatske karakteristike pogoduju poljoprivredi i posebno razvitku stakleničko-plasteničke proizvodnje. Mraz je tijekom vegetacije rijetka pojava, ali kada se pojavi, obično je praćen velikim, pa i pogubnim štetama. Kako nadmorska visina ovog područja više raste, utjecaj kontinenta je veći.

Najveći dio područja Općine pripada brdovitim i planinskim terenima s odgovarajuće oštijim klimatima, ali značajan prostor uz lokalna jezera i na prisojnim položajima do 500 m n. m., pa negdje i 750 m n. m. izdvajaju se kao posebne mikroklimatske enklave, čineći prijelaz iz brdsko-planinskih u izmijenjene mediteranske klimatske ugodaje. Svakako da se najveći dio ovog prostora ipak očituje kroz njegova nepregledna brdska i planinska prostranstva i to sa svim karakteristikama visinskog i kontinentalnog klimata, te orografijom, hidrologijom i biocenozom koja mu pripada. Ovisno o nadmorskim visinama i lokalitetima, godišnji prinosi padalina su znatni i kreću se između 1.000 i 1.200 l/m<sup>2</sup>, ali su kako je već istaknuto, one su neravnomjerno raspoređene tijekom godine. Velike razlike u nadmorskim visinama utječu ne samo na prosječnu visinu temperature, nego i na količine i raspored padalina, što donosi periodične smjene kišnih i sušnih godina, te tako poljoprivredu čini rizičnom na više načina.

### **3.3 Hidrološke karakteristike (izvadak iz dokumenta: „Hidrološko-hidroenergetska studija srednjeg toka rijeke Rame (Potez od brane do strojarnice postaje HE Rama)“, urađenoj od strane projektanta: Encos d.o.o. Sarajevo u listopadu 2013. godine)**

U okviru ove Studije izrađena je Hidrološka studija u cilju definiranja karakterističnih hidroloških parametara za lokalitete planiranih vodozahvata MHE.

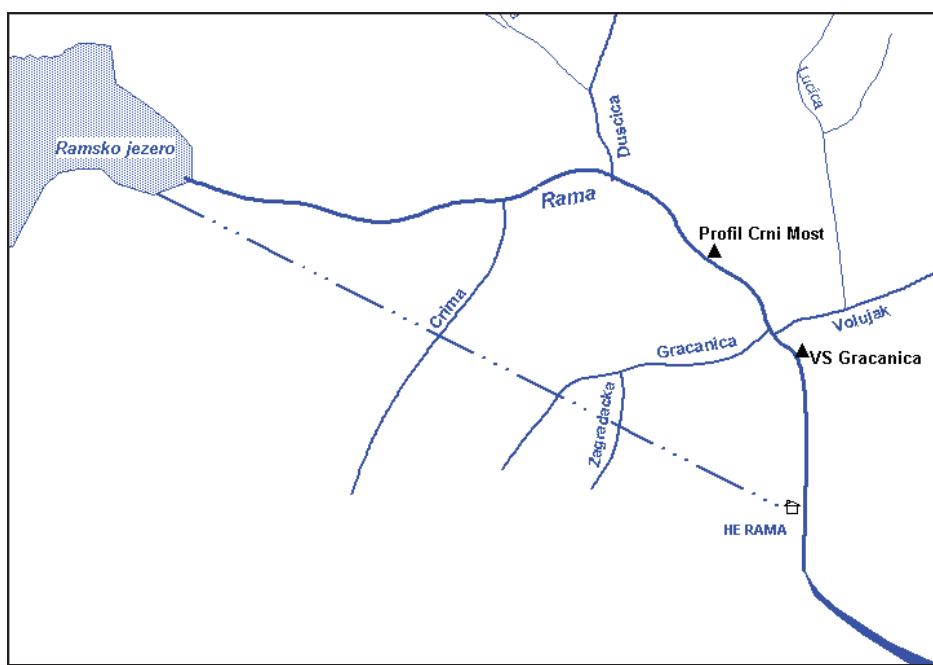
Rijeka Rama je desna pritoka Jablaničkog jezera i ista je stalan vodotok – ne presušuje. Od 1968. godine u funkciji je HE Rama, s pripadajućom akumulacijom: Ramsko jezero (brana na lokalitetu Kovačeve polje) i strojarnicom na lokalitetu Marina pećina.

Obzirom da HE Rama nema obvezu ispuštanja ekološkog protoka (formira se tok već od brane, pa nizvodno do prve stalne pritoke Crime) i obzirom na brojne, stalne, pritoke duž vodotoka – od brane do ušća u Jablaničko jezero, kao: Crima, Duščica, Gračanica, Volujak, može se reći da od 1968. godine postoji novo „prirodno“ stanje vodotoka – od brane do ušća u Jablaničko jezero.

Kod brane HE Rama u Kovačevom polju, postoji preljev (evakuacija velikih voda), ali on je od 1968. god. do 2013. god. bio aktivan samo 2 puta.

Dakle, danas ovdje postoji novo stanje – prirodno tečenje, ali uvijek uz mogući deterministički utjecaj HE Rama (posebno kod velikih voda).

Na razmatranoj dionici vodotoka Rama vršena su dugogodišnja sustavna hidrološka osmatranja vodostaja i mjerjenja protoka na hidrološkoj stanici VS Gračanica, Rama, gdje su se radila osmatranja vodostaja i mjerjenja protoka - prije i poslije izgradnje akumulacije HE Rama.



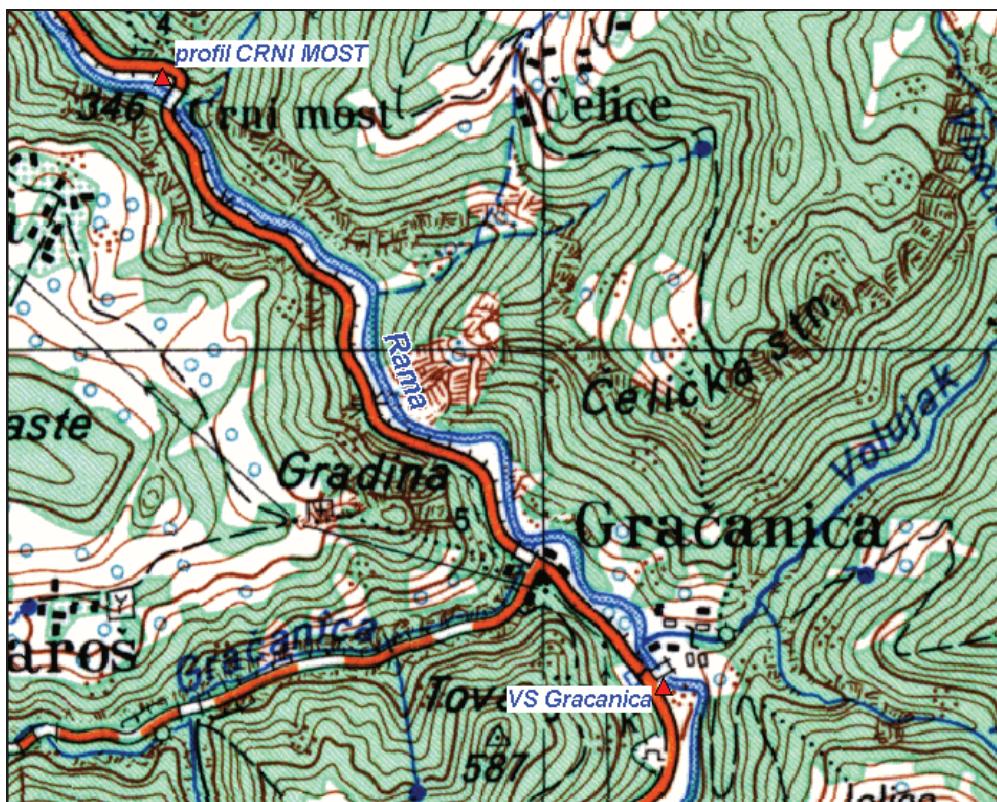
Slika 9: Hidrografija sliva Rame – poslije akumulacije s razmatranim lokalitetima  
Za analizu hidroenergetskog iskorištenja vodotoka, važno je obraditi „novo stanje“, dakle stanje poslije 1968. godine, kako bi se energetski iskoristio i preostali dio rijeke Rame (dionica: brana – Marina pećina), obogaćen, prije svega, pritokama: Crima, Duščica, Gračanica i Volujak.

Dva su lokaliteta planirana za analizu hidroenergetskog iskorištenja rijeke Rame:

- **Prvi** lokalitet za vodozahvat/branu MHE je ujedno lokalitet VS Gračanica, Rama,
- **Drugi** lokalitet predviđen za vodozahvat MHE je profil Crni Most, na Rami.

Tablica 3: Lokacija vodozahvata

Vodozahvat MHE	Vodotok	G. širina	G. dužina
VS Gračanica	Rama	43° 46' 04,16"	17° 40' 34,53"
Crni most	Rama	43° 46' 57,04"	17° 39' 28,22"



Slika 10: Kartografski prikaz lokacija vodozahvata MHE

Za potrebe izrade Studija bilo je potrebno proračunati sljedeće hidrološke parametre :

- Srednji godišnji protok,
- Kriva trajanja protoka – višegodišnji prosjek,
- Karakteristične male vode,
- Karakteristične velike vode

za lokalitete budućih vodozahvata MHE.

### 3.3.1 Metodologija proračuna

Kao osnova za proračun traženih hidroloških parametara na oba promatrana lokaliteta vodozahvata MHE (VS Gračanica i profil Crni Most) poslužila je „standardna hidrološka statistička obrada VS Gračanica, Rama – za razdoblje 1974. – 1978. godine, dakle režim tečenja poslije izgradnje HE Rama.

Na raspolaganju je bilo 5 godina dnevnih vrijednosti protoka, što je, za ovu razinu projektnе dokumentacije za potrebe MHE zadovoljavajuće.

Metodologija proračuna je prezentirana kroz sljedeće korake:

- Izvršena je standardna hidrološka statistička obrada VS Gračanica, Rama za razdoblje 1974. – 1978. god. Rezultati obrade su dali hidrološke parametre mjerodavne za vodozahvat/branu MHE u blizini ove VS, a to su  $Q_{sr.g.}$ , prosječna linija trajanja protoka i untargodišnji hod srednjih mjesecnih protoka.
- Kako bi se hidrološki parametri s reperne VS Gračanica, Rama „prebacili“ na lokalitet vodozahvata Crni most, prvo je bila izvršena jedna serija simultanog hidrometrijskog mjerjenja protoka na ova 2 lokaliteta.

Rezultati su sljedeći:

*Tablica 4.: Rezultati mjerjenja protoka*

Datum	VS Gračanica, Rama (vodozahvat/brana) $Q [m^3/s]$	Vodozahvat MHE Crni most, Rama $Q [m^3/s]$	Napomena
28.09.2013.	2,20 ( $H = 10 \text{ cm}$ )	1,98	Male vode – ustaljeno tečenje

c) Obzirom kako je udaljenost između ova dva profila cca. 2,3 km i kako je razlika u protoku sadržana u dvije pritoke Rame: Gračanica i Volujak, postavljen je sljedeći odnos:

$$Q_{mjereni, VS Grač.} : Q_{sr.g., VS Grač.} = Q_{mjereni, Crni most} : Q_{sr.g., Crni most}$$

$$Q_{sr.g., Crni most} = (Q_{sr.g., VS Grač.} \times Q_{mj., Crni most}) / Q_{mj., VS Grač.} \quad (1)$$

- Nakon što je definirano  $Q_{sr.g., Crni most}$ , formirana je modulna linija trajanja protoka na VS Gračanica, Rama – prosječna za razdoblje 1974. – 1978. god.
- U konačnici, na osnovu (1) i modulne linije trajanja protoka, dobila se prosječna linija trajanja protoka za profil Crni most, Rama (1974. – 1978. god.).

### 3.3.2 Rezultati

Tablica 5: Srednji godišnji protoci

Lokalitet	Vodotok	Razdoblje obrade	$Q_{sr.g.} [m^3/s]$
VS Gračanica vodzahvat/brana	Rama	1974. – 1978.	5,56
Profil Crni most			5,00

Tablica 6: Minimalni godišnji protoci

VS	Vodotok	Razdoblje obrade	$Q_{95\%} [m^3/s]$	$sr.Q_{min.} [m^3/s]$
VS Gračanica vodzahvat/brana	Rama	1974. – 1978.	2,06	1,85
Profil Crni most			1,86	1,66

Tablica 7: Maksimalni godišnji protoci

VS	Vodotok	$maks.Q_{1/100} [m^3/s]$
VS Gračanica vodzahvat/brana	Rama	262
Profil Crni most		230

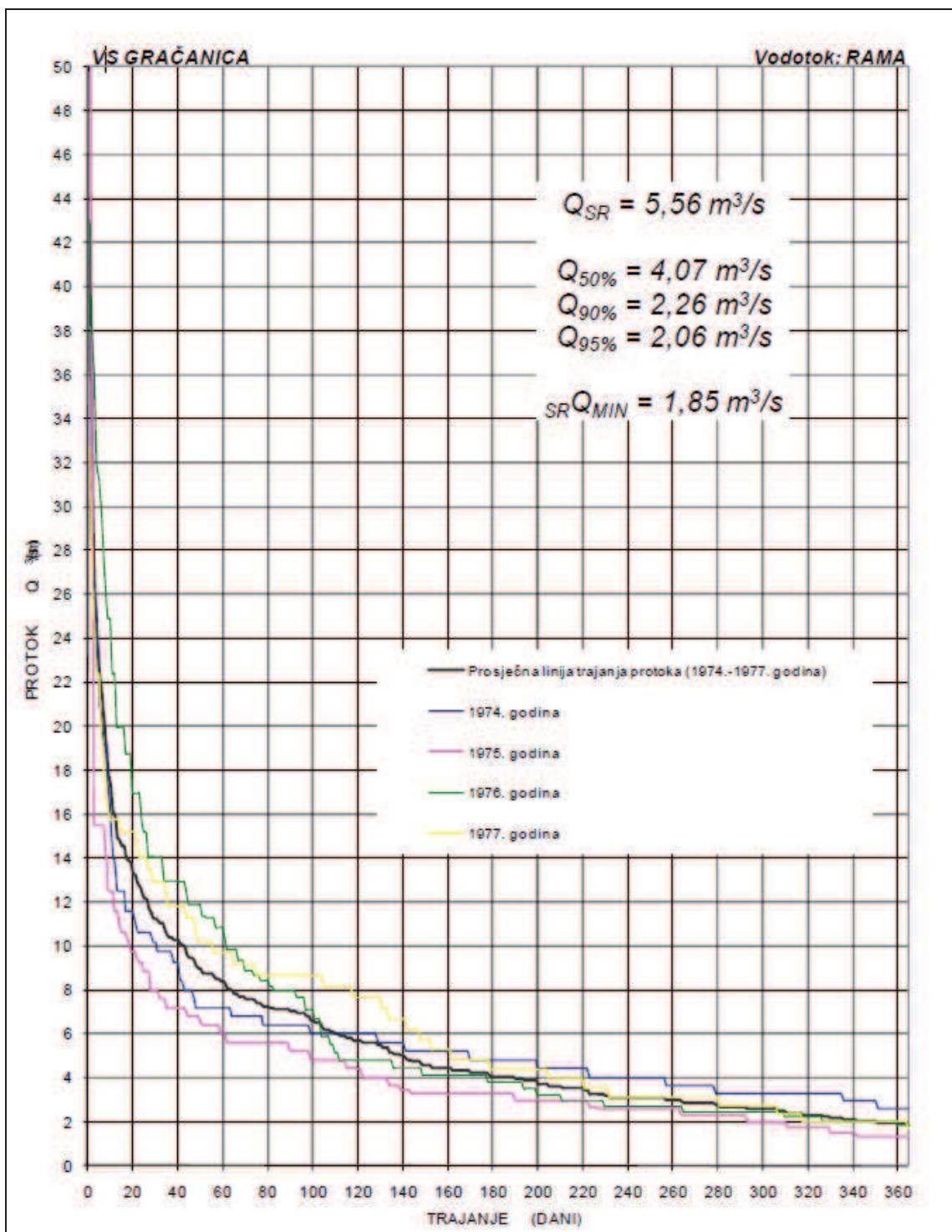
Napomena za VV:

Dok je za sve hidrološke parametre mjerodavno razdoblje poslije izgradnje HE Rama, za velike vode važno je prirodno stanje rijeke Rame (prije izgradnje HE Rama), kako bi se dimenzionirali preljevni organi MHE.

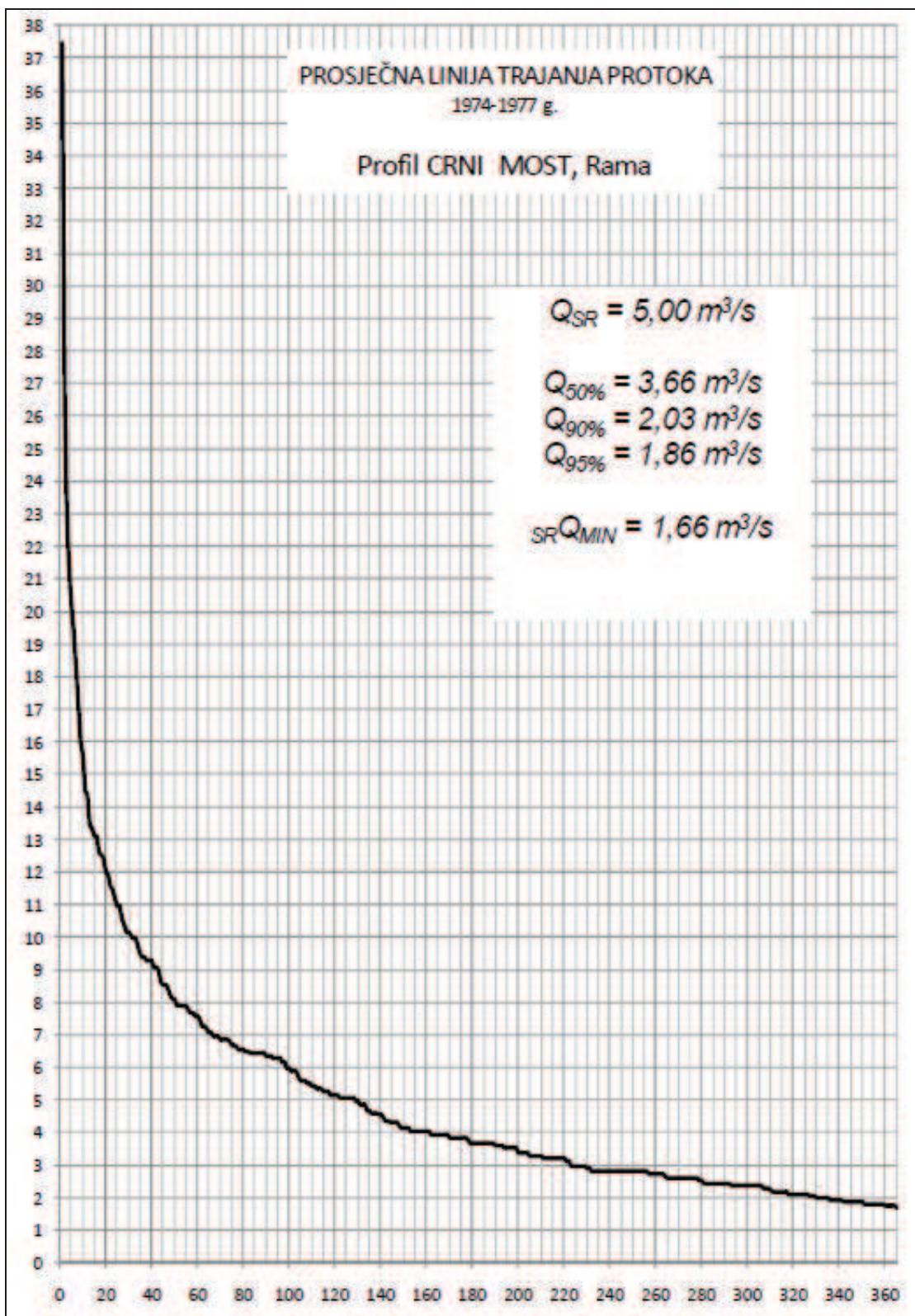
Velike vode povratnog perioda „jednom u 100 godina“ -  $maks.Q_{1/100}$  su kroz ranije projekte definirane za VS Kovačev polje na vodotoku Rama (lokalitet brane) i iznose:

$$maks.Q_{1/100} = 141 \text{ m}^3/\text{s} (\text{VS Kovačev polje})$$

Ovom protoku je dodana velika voda PP „jednom u 20 godina“ izračunata za razdoblje: 1974. – 1978. god. na VS Gračanica, Rama (protok koji su generirale, najvećim dijelom, pritoke Rame - Crima, Duščica, Gračanica, Volujak) – dakle,  $maks.Q_{1/20} = 121 \text{ m}^3/\text{s}$ ; kako bi se, u konačnici, došlo do  $maks.Q_{1/100}$  na lokalitetu VS Gračanica (vodozahvat/brana MHE).



Slika 11: VS Gračanica – prosječna linija trajanja protoka (1974. – 1977. god.)



Slika 12: Profil Crni most – prosječna linija trajanja protoka (1974. – 1977. god.)

**PROTOK** ( $m^3/s$ )

VS GRAČANICA (Rama)

**KARAKTERISTIČNI MJESEČNI I GODIŠNJI PROTOCI**

**SREDNJI MJESEČNI I GODIŠNJI PROTOCI**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Q_{SR}$
1974	5,80	8,49	8,44	4,87	6,36	3,99	3,81	3,05	3,09	9,79	6,43	4,48	5,72
1975	5,14	3,21	6,58	7,93	3,46	2,72	2,22	2,01	1,60	3,87	7,40	4,90	4,25
1976	2,51	4,00	4,71	7,36	6,26	3,57	2,34	2,35	2,79	8,57	13,34	14,77	6,05
1977	9,41	12,29	10,58	11,53	4,89	3,51	2,64	2,14	2,60	3,89	4,47	7,20	6,26
1978	12,29	12,59	10,97	16,50	15,44	8,78	3,44	2,16	2,78				
$Q_{SR}$	7,03	8,12	8,26	9,64	7,28	4,51	2,89	2,34	2,57	6,53	7,91	7,84	6,57

**MINIMALNI MJESEČNI I GODIŠNJI PROTOCI**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Q_{MIN}$
1974	4,03	4,42	5,20	4,03	4,81	3,30	3,30	2,62	2,62	4,03	4,42	3,30	2,62
1975	4,03	2,95	2,95	4,42	2,95	2,62	2,02	1,51	1,30	1,30	2,31	2,67	1,30
1976	2,00	1,81	3,79	4,43	2,20	2,67	1,81	2,00	2,43	2,00	7,95	7,65	1,81
1977	7,65	8,65	6,67	5,74	4,38	2,73	2,01	1,68	2,01	2,73	2,73	3,94	1,68
1978	3,12	6,20	8,65	8,65	8,65	3,94	2,36	1,68	2,36				

**MAKSIMALNI MJESEČNI I GODIŠNJI PROTOCI**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Q_{MAX}$
1974	12,51	20,80	30,37	7,18	10,63	4,81	6,40	4,42	3,30	27,46	30,37	6,00	30,37
1975	6,00	3,30	15,49	15,49	4,42	3,30	2,62	3,30	2,31	12,51	91,41	13,98	91,41
1976	2,92	26,23	9,82	18,73	14,04	5,12	2,67	3,79	3,48	59,28	28,12	31,95	59,28
1977	14,60	32,60	32,60	22,39	6,20	4,38	3,94	4,38	4,38	14,03	8,65	22,39	32,60
1978	34,54	43,06	23,64	59,32	100,99	45,74	6,20	2,36	3,52				

STANICA: Gračanica  
 RIJEKA: Rama  
 SLIV: SAVA  
 GODINA POČETKA RADA: 1960 g.

KOTA "0": 302,93 mm/m

SREDNJE DNEVNE VRJEDNOSTI PROTOKA (m<sup>3</sup>/s) ZA: 1974. GODINU

DANI	MJESECI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	12,51	4,42	5,20	7,18	10,63	4,81	3,30	3,30	3,30	4,03	9,72	4,81
2	8,00	4,42	5,20	6,79	9,72	4,81	3,30	3,30	3,30	4,03	9,72	4,03
3	10,63	4,42	5,20	6,00	8,00	4,42	3,30	3,30	3,30	5,20	8,42	4,03
4	10,63	10,63	6,79	6,00	7,18	3,66	3,66	3,30	3,30	5,20	11,09	4,03
5	9,28	6,79	30,37	5,20	6,79	3,66	3,66	3,30	3,30	5,20	10,17	4,03
6	7,18	7,58	26,32	5,20	6,40	3,66	3,66	4,42	3,30	5,20	6,40	3,66
7	6,79	20,80	17,58	5,20	7,18	3,66	3,66	3,30	4,81	6,00	3,66	
8	6,00	12,51	11,56	5,20	7,18	3,66	6,40	3,30	3,30	4,81	6,40	3,30
9	6,00	10,17	9,28	5,20	6,79	3,66	4,81	3,30	2,95	4,81	6,40	3,30
10	5,20	6,40	9,28	5,20	6,79	3,66	4,03	3,30	2,95	4,81	6,00	3,30
11	4,81	6,40	7,18	5,20	6,00	4,81	4,03	3,30	2,95	4,03	6,00	3,30
12	4,81	6,40	7,18	4,03	6,00	4,81	3,66	3,30	2,95	4,03	6,00	3,30
13	4,81	12,51	6,00	4,03	5,20	4,81	3,66	3,30	2,95	4,03	6,00	3,30
14	4,81	20,80	6,00	4,03	5,20	4,81	3,30	3,30	2,95	5,60	6,00	3,30
15	4,42	12,51	5,20	4,42	5,20	4,81	3,30	3,30	2,95	11,56	6,00	3,30
16	4,42	8,00	5,20	4,42	6,40	4,03	3,30	2,95	3,30	10,63	6,40	4,03
17	4,42	7,18	5,20	4,81	6,00	4,03	3,30	2,95	3,30	9,72	6,40	4,03
18	4,42	7,18	6,40	4,81	6,00	4,42	3,30	2,95	3,30	9,72	6,40	4,03
19	4,42	10,63	6,00	4,81	4,81	4,03	3,30	2,95	3,30	11,56	6,40	4,03
20	6,40	8,42	6,00	4,81	4,81	4,03	6,40	2,95	3,30	11,56	6,00	5,60
21	5,20	7,18	6,00	4,81	4,81	4,03	5,20	2,62	2,95	16,01	6,00	5,60
22	5,20	6,79	6,00	4,03	4,81	3,66	4,03	2,62	2,95	19,18	6,00	5,60
23	4,81	7,18	6,79	4,03	7,18	3,66	3,66	2,62	2,95	27,46	6,00	5,60
24	4,42	6,40	6,79	4,03	6,40	3,66	4,81	2,62	3,30	25,19	5,20	5,60
25	4,42	6,40	6,79	4,03	6,40	3,66	3,30	2,62	3,30	19,18	4,42	5,60
26	4,42	5,20	6,79	4,03	6,00	3,66	3,30	2,62	3,30	13,98	4,42	5,60
27	4,42	5,20	6,79	4,03	6,00	3,30	3,30	2,62	2,62	13,98	4,42	5,60
28	4,42	5,20	7,18	4,03	6,00	3,30	3,30	2,62	2,62	8,00	4,42	5,60
29	4,42		7,18	4,03	6,79	3,30	3,30	2,62	2,62	10,63	5,20	5,60
30	4,03		7,18	6,40	5,60	3,30	3,30	2,62	2,62	9,72	4,81	6,00
31	4,03		7,18		4,81		3,30	2,62		9,72		6,00
DAN	30	1	1	12	19	27	1	21	27	1	25	8
NQ	4,03	4,42	5,20	4,03	4,81	3,30	3,30	2,62	2,62	4,03	4,42	3,30
SQ	5,80	8,49	8,44	4,87	6,36	3,99	3,81	3,05	3,09	9,79	6,43	4,48
VQ	12,51	20,80	30,37	7,18	10,63	4,81	6,40	4,42	3,30	27,46	11,09	6,00
DAN	1	7	5	1	1	1	8	6	1	23	4	30
GOD.	NQ	DATUM					SQ					
1974	2,62	21.08.					5,70					
	VQ	DATUM										
	30,37	05.03.										

STANICA: Gračanica  
 RIJEKA: Rama  
 SLIV: SAVA  
 GODINA POČETKA RADA: 1960 g.

KOTA "0": 302,93 mm

SREDNJE DNEVNE VRJEDNOSTI PROTOKA (m<sup>3</sup>/s) ZA: 1975. GODINU

DANI	MJESECI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,00	3,30	2,95	15,49	4,42	2,62	2,62	2,02	2,31	1,30	2,62	5,20
2	6,00	3,30	2,95	15,49	4,42	2,62	2,62	2,02	2,02	1,30	2,62	7,18
3	6,00	3,30	2,95	15,49	4,42	2,62	2,62	2,02	2,02	1,30	2,31	6,40
4	5,60	3,30	2,95	12,51	4,03	2,62	2,31	2,02	2,31	1,30	2,31	5,60
5	5,60	3,30	2,95	12,51	4,03	2,62	2,31	1,75	2,31	1,30	2,31	5,60
6	5,60	3,30	2,95	10,63	4,03	2,62	2,31	1,75	2,31	1,30	2,31	5,60
7	5,60	3,30	2,95	9,72	4,03	2,62	2,31	1,75	2,31	1,30	2,31	5,20
8	5,60	3,30	2,95	9,28	4,03	2,62	2,31	1,75	1,75	1,30	2,31	5,20
9	5,60	3,30	2,95	8,85	4,03	3,30	2,31	1,75	1,51	1,30	2,31	4,81
10	5,60	3,30	3,66	8,00	3,30	3,30	2,31	1,75	1,51	1,30	2,31	4,81
11	5,60	3,30	3,30	7,58	3,30	2,95	2,02	1,75	1,51	1,30	4,81	4,81
12	5,60	3,30	3,30	7,18	3,30	2,95	2,02	1,75	1,51	1,30	3,66	4,42
13	5,20	3,30	3,30	7,18	3,30	2,95	2,31	1,51	1,51	5,60	3,66	4,42
14	5,20	3,30	11,56	6,79	3,30	2,95	2,31	1,51	1,51	7,18	3,66	3,30
15	5,20	3,30	10,63	6,79	4,03	2,62	2,31	1,75	1,51	5,20	3,30	3,30
16	4,03	3,30	10,63	6,79	3,30	2,62	2,31	1,75	1,51	3,30	3,30	3,30
17	4,03	3,30	9,72	6,40	3,30	2,62	2,31	1,75	1,51	11,56	3,30	6,40
18	4,03	3,30	8,00	5,60	3,30	2,62	2,31	1,75	1,51	12,51	60,63	13,98
19	5,60	3,30	6,40	5,60	3,30	2,95	2,31	1,75	1,30	9,28	29,78	8,86
20	5,60	3,30	8,85	5,60	3,30	2,62	2,31	1,75	1,30	7,18	15,49	6,66
21	4,81	3,30	15,49	5,60	3,30	2,62	2,31	1,75	1,30	5,60	9,28	4,77
22	4,81	2,95	11,09	5,60	2,95	2,62	2,02	1,75	1,30	5,60	7,58	4,10
23	4,81	2,95	9,72	6,40	2,95	2,62	2,02	1,75	1,30	5,60	7,18	3,48
24	4,81	2,95	8,00	6,40	2,95	2,62	2,02	1,75	1,30	5,60	6,40	3,48
25	4,81	2,95	8,00	5,60	2,95	2,62	2,02	3,30	1,30	3,66	6,40	3,48
26	4,81	2,95	7,58	5,60	2,95	2,62	2,02	2,95	1,30	3,30	7,18	3,48
27	4,81	2,95	6,79	5,60	2,95	2,62	2,02	2,95	1,30	2,62	6,79	3,48
28	4,81	2,95	6,79	4,81	2,95	2,62	2,02	2,62	1,30	2,62	5,60	2,67
29	4,81		7,18	4,42	2,95	2,62	2,02	2,62	1,30	2,62	5,20	2,67
30	4,81		7,18	4,42	2,95	2,62	2,02	2,62	1,30	2,62	5,20	2,67
31	4,03		10,17		2,95		2,02	2,62		2,62		2,67
DAN	16	22	1	29	22	1	11	13	19	1	3	28
NQ	4,03	2,95	2,95	4,42	2,95	2,62	2,02	1,51	1,30	1,30	2,31	2,67
SQ	5,14	3,21	6,58	7,93	3,46	2,72	2,22	2,01	1,60	3,87	7,40	4,90
VQ	6,00	3,30	15,49	15,49	4,42	3,30	2,62	3,30	2,31	12,51	91,41	13,98
DAN	1	1	21	1	1	9	1	25	1	18	18	18
GOD.	NQ	DATUM					SQ			VQ	DATUM	
1975	1,30	19. 09.					4,25			91,41	18. 11.	

STANICA: Gračanica

RIJEKA: Rama

SLIV: SAVA

GODINA POČETKA RADA: 1960 g.

KOTA "0": 302,93 mm

SREDNJE DNEVNE VRJEDNOSTI PROTOKA (m<sup>3</sup>/s) ZA 1976. GODINU

DANI

MJESECI

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1	2,67	2,43	4,43	4,77	11,34	3,79	2,67	2,20	2,43	2,00	12,94	9,82
2	2,67	2,43	4,10	5,87	11,86	4,77	2,67	2,20	3,48	2,00	9,82	31,30
3	2,67	2,43	4,10	6,66	12,94	5,12	2,67	2,20	2,43	2,00	11,86	31,95
4	2,67	2,20	3,79	7,08	14,04	4,10	2,67	2,00	2,43	2,00	11,34	19,92
5	2,67	2,20	3,79	7,08	12,94	4,10	2,43	2,00	3,48	2,00	28,12	24,90
6	2,67	2,20	3,79	7,95	10,32	4,43	2,20	2,00	3,48	2,00	19,96	24,90
7	2,43	2,20	3,79	7,95	9,34	4,43	2,20	2,00	3,20	2,00	16,93	22,39
8	2,43	2,20	4,10	8,40	8,40	4,77	2,43	2,00	3,20	2,00	15,18	30,02
9	2,67	2,20	4,10	8,40	7,95	4,10	2,43	2,00	3,20	2,00	14,04	22,39
10	2,67	2,20	4,10	8,40	7,95	4,43	2,43	2,00	2,92	2,00	11,86	15,17
11	2,67	1,81	4,10	4,77	6,66	4,43	2,43	2,00	2,92	2,00	10,82	14,03
12	2,67	1,81	4,10	4,43	5,49	3,79	2,43	2,00	2,92	2,00	10,82	14,03
13	2,67	2,00	4,10	4,43	5,49	3,79	2,43	2,00	2,92	2,00	19,96	12,35
14	2,92	3,20	4,43	4,77	4,77	3,79	2,43	2,00	2,92	2,92	18,73	11,26
15	2,67	3,20	4,10	4,77	3,48	3,20	2,43	2,00	2,92	2,92	16,93	11,26
16	2,43	3,20	4,10	4,77	2,43	3,20	2,43	2,00	2,92	35,81	16,93	11,26
17	2,92	7,08	4,10	4,77	2,43	3,79	2,43	2,43	3,20	43,03	16,93	11,26
18	2,92	26,23	4,43	4,77	2,20	3,48	2,00	2,43	2,92	18,73	15,76	12,91
19	2,92	4,77	4,43	4,77	4,10	3,20	1,81	2,43	2,67	12,94	12,94	14,03
20	2,43	4,43	4,43	4,77	4,10	3,20	1,81	2,92	2,67	9,82	12,94	14,03
21	2,43	4,43	4,10	4,77	4,10	2,92	1,81	2,92	2,67	7,95	11,86	12,91
22	2,43	3,79	4,10	5,87	4,10	2,92	1,81	2,92	2,43	7,95	11,86	12,91
23	2,43	3,79	4,10	5,87	4,10	2,67	1,81	2,43	2,43	7,08	10,82	8,65
24	2,00	3,79	9,82	18,73	4,77	2,67	2,43	2,43	2,43	8,86	10,82	8,65
25	2,00	3,48	9,82	12,94	5,12	2,67	2,67	3,79	2,43	4,77	8,86	8,65
26	2,00	4,10	6,66	14,04	4,10	2,67	2,67	2,43	2,43	4,77	7,95	8,14
27	2,00	4,10	5,87	11,86	4,10	2,67	2,67	2,43	2,43	4,77	7,95	8,14
28	2,00	4,10	4,77	8,86	4,10	2,67	2,67	2,67	2,43	4,77	7,95	7,65
29	2,20	4,10	4,77	9,34	3,79	2,67	2,20	2,67	2,43	4,77	7,95	7,65
30	2,43		4,77	8,86	3,79	2,67	2,20	2,67	2,43	37,76	9,34	7,65
31	2,43		4,77		3,79		2,20	2,67		19,96		7,65

DAN	24	11	4	12	18	23	19	4	1	1	26	28
NQ	2,00	1,81	3,79	4,43	2,20	2,67	1,81	2,00	2,43	2,00	7,95	7,65
SQ	2,51	4,00	4,71	7,36	6,26	3,57	2,34	2,35	2,79	8,57	13,34	14,77
VQ	2,92	26,23	9,82	18,73	14,04	5,12	2,67	3,79	3,48	59,28	28,12	31,95
DAN	14	18	24	24	4	3	1	25	2	17	5	3

GOD. 1976	NQ 1,81	DATUM 11.02.	SQ 6,05	VQ 59,28	DATUM 17.10.
--------------	------------	-----------------	------------	-------------	-----------------

STANICA: Gračanica  
 RIJEKA: Rama  
 SLIV: SAVI  
 GODINA POČETKA RADA: 1960 g.

KOTA "0": 302,93 mm

SREDNJE DNEVNE VRIJEDNOSTI PROTOKA (m<sup>3</sup>/s) ZA: 1977. GODINU

DANI	MJESECI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	7,65	27,44	8,65	22,39	6,20	4,38	3,12	1,68	2,01	2,73	2,73	8,65
2	7,65	15,75	8,65	16,92	6,20	4,38	3,12	2,01	2,01	2,73	3,12	9,16
3	7,65	12,91	8,65	15,17	6,20	4,38	3,12	2,01	3,94	3,12	3,12	8,65
4	8,14	11,26	8,65	11,26	5,28	4,38	3,12	2,01	3,12	3,12	3,12	9,67
5	8,14	10,20	8,14	11,26	5,28	4,38	3,12	2,01	2,36	2,73	3,12	5,28
6	8,14	9,67	8,14	11,81	5,28	3,94	3,94	2,01	2,01	2,73	3,12	5,28
7	8,65	9,67	7,65	9,67	5,28	3,94	3,12	2,01	2,01	2,73	3,12	8,65
8	8,65	9,16	7,65	10,20	5,28	3,94	3,12	2,01	2,01	2,73	3,12	8,14
9	8,65	9,16	7,16	15,17	5,28	3,52	3,12	2,01	2,01	2,73	3,12	6,67
10	8,65	15,17	6,67	11,81	5,28	3,52	3,12	2,01	2,36	3,94	3,12	22,39
11	8,65	15,75	6,67	14,03	4,82	3,52	3,12	2,01	2,36	14,03	3,12	15,17
12	11,81	15,17	6,67	15,75	4,82	3,52	2,73	2,01	2,36	6,67	3,12	9,67
13	10,20	16,33	24,90	14,03	4,82	3,52	2,73	2,01	2,36	7,65	3,12	8,14
14	10,20	15,75	18,71	12,91	4,38	3,12	2,73	2,01	2,01	6,20	3,12	6,67
15	8,65	15,17	14,03	15,75	4,38	3,12	2,73	2,01	2,01	4,38	3,12	5,74
16	12,91	13,46	11,81	15,17	4,82	3,12	2,73	2,01	2,01	3,94	3,12	4,82
17	11,26	11,81	9,67	12,91	4,82	3,12	2,73	2,01	2,01	3,94	5,74	4,82
18	10,73	10,20	8,65	12,35	4,82	3,12	2,01	2,01	2,01	3,52	5,74	4,38
19	9,16	10,20	8,65	9,67	4,82	3,12	2,01	2,01	3,12	3,52	4,82	4,38
20	8,65	9,16	7,65	9,16	4,82	3,12	2,01	2,01	4,38	3,52	4,82	4,38
21	8,65	9,16	11,81	9,16	4,82	3,12	2,01	2,01	3,94	3,12	6,67	4,38
22	8,65	9,16	10,20	9,16	4,38	3,12	2,01	4,38	3,94	3,12	4,82	3,94
23	8,65	12,91	8,65	8,65	4,38	2,73	2,01	3,94	2,73	3,12	8,65	3,94
24	8,14	11,81	8,65	8,65	4,38	2,73	2,01	2,01	2,73	3,12	8,65	3,94
25	8,14	11,81	7,65	8,14	4,38	2,73	2,01	2,01	2,73	3,12	8,65	4,38
26	8,14	8,65	7,65	7,65	4,38	3,52	2,36	2,01	2,73	3,12	7,16	5,74
27	8,14	8,65	7,65	7,65	4,38	3,52	2,36	2,01	2,73	3,12	4,38	6,67
28	8,14	8,65	7,16	7,65	4,38	3,94	2,36	2,01	2,73	3,12	4,82	3,94
29	12,91		8,65	6,20	4,38	3,52	2,36	2,01	2,73	3,12	4,82	9,67
30	14,60		19,92	5,74	4,38	3,12	2,36	2,01	2,73	3,12	4,82	9,67
31	13,46		32,60		4,38		2,36	2,01		2,73		6,20
DAN	1	26	10	30	14	23	18	1	1	1	1	22
NQ	7,65	8,65	6,67	5,74	4,38	2,73	2,01	1,68	2,01	2,73	2,73	3,94
SQ	9,41	12,29	10,58	11,53	4,89	3,51	2,64	2,14	2,60	3,89	4,47	7,20
VQ	14,60	32,60	32,60	22,39	6,20	4,38	3,94	4,38	4,38	14,03	8,65	22,39
DAN	30	1	31	1	1	1	6	22	20	11	23	10
GOD.		NQ	DATUM			SQ			VQ	DATUM		
1977		1,68	01.08.			6,22			32,60	01.02.		

STANICA: Gračanica  
 RJEKA: Rama  
 SLIV: Sava  
 GODINA POČETKA RADA: 1960. g.

KOTA "0": 302,93 mm/m

SREDNJE DNEVNE VRIJEDNOSTI PROTOKA (m<sup>3</sup>/s) ZA 1978. GODINU

DANI	MJESECI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5,28	11,81	23,64	8,65	11,81	9,16	6,20	2,36	3,52			
2	6,20	11,26	15,17	8,65	37,77	9,16	5,28	2,36	3,52			
3	6,20	9,67	15,17	8,65	31,31	9,16	3,94	2,36	3,52			
4	7,65	7,65	14,03	9,16	19,92	8,65	3,94	2,36	3,52			
5	6,20	7,65	14,03	9,16	15,75	6,67	3,94	2,36	3,52			
6	6,20	7,65	13,46	9,67	14,03	5,74	3,94	2,36	3,12			
7	6,20	7,65	14,03	9,67	14,03	5,28	3,94	2,36	3,12			
8	4,82	6,20	14,03	14,03	12,35	4,82	3,94	2,36	3,12			
9	3,12	6,20	13,46	15,17	11,81	4,82	3,94	2,36	2,73			
10	3,94	9,67	11,26	14,60	9,67	4,82	3,12	2,36	2,73			
11	3,94	43,06	9,67	14,60	9,67	4,82	3,94	2,36	2,73			
12	10,20	15,17	8,65	14,03	8,65	4,38	3,52	2,01	2,73			
13	26,17	15,17	8,65	16,92	11,26	3,94	3,52	2,01	2,73			
14	16,92	14,03	8,65	51,13	69,06	7,65	3,52	1,68	2,73			
15	15,75	12,91	9,16	59,32	15,17	5,28	3,52	1,68	2,73			
16	14,60	12,91	9,16	31,31	12,91	45,74	3,52	1,68	2,73			
17	13,46	11,81	9,67	24,90	11,81	17,51	3,52	1,68	2,36			
18	21,15	13,46	10,73	24,90	9,67	12,91	3,52	1,68	2,36			
19	18,71	14,03	9,67	15,17	9,67	9,67	3,12	1,68	2,36			
20	18,71	12,91	9,16	14,03	8,65	8,65	3,12	1,68	2,36			
21	11,81	9,67	9,16	12,91	18,71	8,65	3,12	1,68	2,36			
22	8,65	9,67	9,67	11,81	17,51	9,16	3,12	2,36	2,36			
23	7,65	9,16	9,67	11,81	14,60	8,65	3,12	2,36	2,36			
24	7,65	9,16	9,16	10,73	12,91	7,65	3,12	2,36	2,36			
25	7,65	11,26	9,16	10,73	10,73	6,20	3,12	2,36	2,36			
26	7,65	15,17	8,65	11,81	9,67	5,74	2,36	2,36	2,36			
27	7,65	19,92	8,65	14,03	10,20	7,65	2,36	2,36	2,73			
28	34,54	17,51	8,65	14,03	10,20	7,65	2,36	2,36	2,73			
29	26,17		8,65	11,81	10,20	6,67	2,36	2,36	2,73			
30	32,60		8,65	11,81	9,67	6,67	2,36	2,36	2,73			
31	13,46		8,65		9,16		2,36	2,36				
DAN	0	8	12	1	12	13	26	14	17			
NQ	3,12	6,20	8,65	8,65	8,65	3,94	2,36	1,68	2,36			
SQ	12,29	12,59	10,97	16,50	15,44	8,78	3,44	2,16	2,78			
VQ	34,54	43,06	23,64	59,32	100,99	45,74	6,20	2,36	3,52			
DAN	28	11	1	15	14	16	1	1	1			

GOD. NQ DATUM SQ VQ DATUM  
 1978

### 3.3.3 Određivanje ekološki prihvatljivog protoka (EPP)

Ekološki prihvatljiv protok se određuje u skladu s Pravilnikom o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka (Sl. novine F BiH, br. 4/2013.), a u cilju osiguranja očuvanja vodnih i za vodu vezanih ekosustava. U slučaju razmatrane dionice rijeke Rame važno je istaći dvije važne činjenice:

1. U proteklom periodu eksplotacije HE Rama kao derivacijskog postrojenja, na razmatranoj dionici rijeke Rame se s aspekta hidrološkog režima uspostavilo novo prirodno stanje, što znači i uspostavljanje novih ekosustava.
2. EPP se određuje i ispušta samo kod derivacijskih postrojenja i to u razdoblju godine kad su dotoci rijekom manji od sume vrijednosti EPP i protoka kroz turbine u dijapazonu od  $Q_{i,\max}$  do  $Q_{tehn,min}$ .

EPP se u području hidroenergetike tretira s aspekta tehničkog rješenja načina njegovog ispuštanja i kod proračuna moguće proizvodnje. Ovaj protok se ispušta na pregradnom objektu koji usmjerava vode prema turbinama, a kod energetskih proračuna isključuje iz raspoloživih voda u određenom vremenskom razdoblju.

U skladu s Pravilnikom o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka, Član 11., kada se raspolaze s dekadnim vrijednostima protoka, EPP se obračunava na sljedeći način:

$$Q_{epp} = 1,0 \times Q_{sr} < Q_{sr}$$

$$Q_{epp} = 1,5 \times Q_{sr} \geq Q_{sr}$$

Obzirom da je za MHE Crni most moguće doći do dekadnih vrijednosti preko VS Gračanica, proračunata je vrijednost EPP kako je to prikazano tabelarno na narednoj stranici.

U skladu s Pravilnikom o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka, Član 11., u slučaju kada se ne raspolaze dekadnim vrijednostima protoka (kao što je ovdje slučaj za profile MHE Gradina i MHE Modri vir), EPP ( $Q_{epp}$ ) se proračunava na osnovu sljedećih jednadžbi:

$$Q_{epp} = 0,1 \times Q_{sr} \text{ za razdoblje svibanj – listopad}$$

$$Q_{epp} = 0,15 \times Q_{sr} \text{ za razdoblje studeni – travanj}$$

U konkretnom slučaju EPP za razmatrana postrojenja iznosi:

	MHE Gradina	MHE Modri vir
$Q_{epp} V. - X. [m^3/s]$	0,100	0,100
$Q_{epp} XI. - IV. [m^3/s]$	0,150	0,150

MHE Marina pećina je tipično pribransko postrojenje koje radi protočno, tako da kod njega nije potrebno ispuštanje EPP. Na isti način se može tretirati i MHE Gračanica zato što i ta MHE ima protočni režim rada i relativno kratku kanalsku derivaciju.

Tehničko rješenje ispuštanja EPP je riješeno na profilu MHE Crni most tako što klapna na preljevu može propustiti određenu količinu voda kada se rad turbina regulira „po razini“ u akumulaciji. To je isto moguće ostvariti na MHE Gradina i MHE Modri vir radi toga što su tamo predviđeni pragovi u koritu rijeke u obliku slobodnih preljeva.

U svakom slučaju kod proračuna moguće godišnje proizvodnje izuzeta je količina izračunatog EPP.

*Tablica 8: Pregled vrijednosti EPP*

VS CRNI MOST (Rama)			
REDNI BROJ DEKADE	MJESEC	DEKADA	EKOLOŠKI PRIHVATLJIV PROTOK $Q_{EPP}$ ( $m^3/s$ )
1	JANUAR	I	2,49
2		II	2,49
3		II	1,66
4	FEBRUAR	I	2,49
5		II	2,49
6		II	2,49
7	MART	I	2,49
8		II	2,49
9		II	2,49
10	APRIL	I	2,49
11		II	2,49
12		II	2,49
13	MAJ	I	2,49
14		II	1,66
15		II	1,66
16	JUNI	I	1,66
17		II	1,66
18		II	1,66
19	JULI	I	1,66
20		II	1,66
21		II	1,66
22	AVGUST	I	1,66
23		II	1,66
24		II	1,66
25	SEPTEMBAR	I	1,66
26		II	1,66
27		II	1,66
28	OKTOBAR	I	1,66
29		II	2,49
30		II	2,49
31	NOVEMBAR	I	2,49
32		II	2,49
33		II	2,49
34	DECEMBAR	I	2,49
35		II	2,49
36		II	2,49

### **3.4 Kvaliteta zraka**

Monitoring kvalitete zraka nije uspostavljen u Hercegovačno-neretvanskoj županiji, stoga nije bilo moguće uraditi ocjenu kvalitete zraka na razmatranim lokacijama.

### **3.5 Tlo i poljoprivredno zemljište**

Prostor obuhvata 5 MHE najvećim dijelom se odnosi na priobalje vodotoka rijeke Rame koje je obrasio šumskom vegetacijom. Trase ukopanih cjevovoda predviđene su uz korito rijeke.

Na osnovu tehničkih rješenja predviđenih u „Hidrološko-hydroenergetskoj studiji srednjeg toka rijeke Rame (Potez od brane do strojarnice postojeće HE Rama)“, urađenoj od strane projektanta: Encos d.o.o. Sarajevo u listopadu 2013. Godine, samo su objekti vodozahvata i strojarnica koji se nalaze u koritu vodotoka, vidljivi, dok su dovodni cjevovodi ukopani, a trase cjevovoda trebaju biti dovedene u prvobitno stanje. Previđena je izgradnja kraćih pristupnih putova do objekata.

Dvije hidroelektrane će svojim pregradama formirati akumulacije manjih zapremina. Pristupni putovi koji će se graditi do objekata MHE, vodit će se zemljištem koje je u većinskom državnom vlasništvu.

U nastavku je dan pregled katastarskih parcela koje se nalaze u obuhvatu građenja planiranih objekata 5 MHE. Podaci za katastarske čestice su dobiveni od općine Prozor-Rama i odgovaraju stanju iz 2014. godine.

*Tablica 9: Pregled vlasništva zemljišta*

PARAMETAR	OBJEKTI				
	MHE GRADINA	MHE MODRI VIR	MHE CRNI MOST	MHE GRAČANICA	MHE MARINA PEĆINA
Broj parcele/vlasništvo	Šumarija; vodno dobro	Šumarija; vodno dobro	1033 - šumarija 1019 - privatno 1102/1 – šumarija 1102/2 - Putovi 1102/3 – vodno dobro 1034 – Putovi 1035 – šumarija 858 – Općina 1331 – Putovi 1330 – vodno dobro 857 – Šipad 850 – privatno 856 – Putovi 854 - privatno 855 - privatno	Šumarija; vodno dobro; N/A	Šumarija; vodno dobro; N/A

Potrebno je istaknuti kako navedeni podaci o parcelama označavaju katastarske čestice koje se nalaze na prostoru obuhvata planiranih objekata, što ne znači kako će njihova ukupna površina biti izložena mogućim utjecajima tijekom gradnje MHE. Kako su objekti MHE uglavnom linijski objekti, gradnjom će biti obuhvaćeni uži pojasevi zemljišta na tim trasama.

U širem obuhvatu gradnje objekata MHE po načinu korištenja, skoro da i nema obradivih površina. Potrebno je napomenuti kako su cjevovodi trasirani usporedno s putovima, odnosno usporedno s obalom rijeke. Izvođač radova je dužan nakon završetka radova dovesti sve površine u prvobitno stanje, bez obzira radi li se o putnim pojasevima, obalama rijeke, šumskom području, livadama, pašnjacima ili drugim površinama.

Za potrebe izgradnje MHE, dužnost Investitora je rješavanje imovinsko-pravnih stavki. U slučaju poteškoća u rješavanju istih, općina Prozor-Rama će stajati na raspolaganju u procesu realiziranja prijenosa prava korištenja zemljišta, prava služnosti nad zemljištem, kao i prava vlasništva nad objektima MHE.

Eksproprijacija će se vršiti prema Zakonu o eksproprijaciji u onom opsegu koliko to bude neophodno.

### **3.6 Flora i fauna**

Podaci o flori i fauni na području planiranih zahvata MHE, prezentirane su na osnovu dostupnih podataka i korištenjem dostupnih dokumenata.

#### **Flora na području obuhvata MHE**

Primarni tip vegetacije u BiH bila je skoro isključivo šuma, pa ona kao potencijalno prirodna i danas ima najveću ulogu.

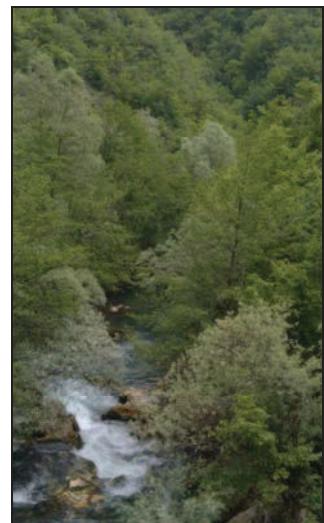
Sekundarna vegetacija zastupljena je prirodnim travnjacima i pašnjacima, odnosno prirodnim i antropogenim livadama dok tercijarnu vegetaciju čine obradive površine (oranice, voćnjaci, vinogradi) i utrine. Iza njih kao posljednje, ali ipak dosta zastupljene, slijede antropogene pustinje (površine pod naseljima i infrastrukturom), te ostale zemljišne površine koje također nisu pod vegetacijom kao što su goleti i euridična područja.

Vegetacija općine Prozor-Rama počinje od 270 m n. m. na obalama Jablaničkog jezera, pa do planinskih visova i raščlanjena je od flore srednjih Dinarida do biljnog pokrova izmijenjeno mediteranske populacije. Slijedom djelovanja klime nadmorske visine i edafskih čimbenika, najniže položaje u Općini zauzimaju šume crne johe (aluviji i bogatija zemljišta), a iznad njih šume hrasta kitnjaka i običnog graba (bogatija viša zemljišta), te

kitnjaka i cera (plića zemljišta). Na krajnje degradiranim zemljištima prostiru se šikare s crnim grabom i crnim jasenom, te grmovi lijeske.

Krčenjem opisanih ekosustava stvorene su higromezofilne i termomezofilne livade. U višim predjelima od opisanih ima još očuvanih šuma bukve brdskog pojasa i livada, a u predjelima Rumbočko polje – Makljen (1.000 m n. m.) čiste su šume lišćara s kitnjakom, cerom, ponegdje meduncem, te grabom i bukvom. Sjeverno i više nastupaju mješavine lišćara i četinara (klekovine bora), te još dalje čistih subalpskih bukovih šuma (klekovine bukve).

Na južnim granicama su manje površine šume bukve i jele bez smrče, te daleko više šume bukve i jele sa smrčom, a na najvišim visinama šume bukve s fragmentima klekovine bora. Uvezši ukupno, stanje šumske vegetacije u Općini je zadovoljavajuće po površinama, ali ne i po kvaliteti pokrova, pa bi se buduće akcije trebale usmjeriti na njihovo širenje s kvalitetnim vrstama, i to prvenstveno na najslabijim kategorijama zemljišta.



Slika 13: Vegetacija na razmatranom području

### **Fauna na području obuhvata MHE**

Zbog različitih antropogenih utjecaja, od kojih se mogu izdvojiti eksplotacija šumskog fonda, izgradnja komunikacija, lov, ribolov, itd., neminovno je došlo do promjene ekoloških značajki. Kao rezultat tih promjena, pojavljuju se različiti stupnjevi degradacije biotopa, njegove žive i nežive komponente.

Na predmetnom području, faunu divljači uglavnom čine vuk (*Canis lupus L.*), medvjed (*Ursus arctos L.*), divlja svinja (*Sus scrofa L.*), lisica (*Vulpes vulpes L.*) itd. Ovdje postojeće vrste gmizavaca karakteristične su za hercegovački krš (zmije i gušteri). Od insekata su također zastupljene uobičajene vrste skakavaca, zrikavaca, leptira i sl.

Rijeka Rama prije izgradnje akumulacijskih jezera HE Rama i HE Jablanica bila je naseljena sljedećim vrstama riba: *Porodica Salmonidae* (neretvanska mekousna, potočna pastrva, glavatica). *Porodica Cyprinidae* (gagica, strugač – sval ), *Porodica Cottidae* (peš). Rijeka Rama pripada regiji potočne pastrve koju je, prema utvrđenom naselju, zamijenila neretvanska mekousna. Inače, u gornjem i srednjem dijelu rijeke Rame apsolutno dominiraju salmonidne vrste od kojih je najbrojnija neretvanska mekousna (prosječna vrijednost biomase za cijeli tok iznosi 36,08%), a potom potočna pastrva (prosječna vrijednost biomase za cijeli tok iznosi 29,1%), dok glavatica u naselju znatno zaostaje, jer je utvrđena samo u donjem toku (3% od ukupne biomase). Ciprinidne vrste dominiraju samo u donjem toku (68% od ukupne biomase) i to prvenstveno bijeli klen sa 39% od ukupnog naselja. U srednjem toku naselje ciprinida je znatno smanjeno (27,5% od ukupne biomase). Kotide (peš) su naseljene samo u gornjem i srednjem dijelu Rame i to u vrlo malom opsegu (za ove dijelove toka prosječno 1% od ukupne biomase). Izgradnjom akumulacijskog jezera HE Jablanica, neretvanska mekousna je u potpunosti izolirana od Neretve iz koje je nekada ova vrsta vršila anadromne migracije povećavajući brojnost te populacije u Rami. Izgradnjom akumulacijskog jezera HE Rama, (na dionici izvor Rame - Kovačovo polje) perspektive razvoja i održavanja fonda neretvanske mekousne svedene su na minimum. Sličan je slučaj na čitavom području sliva Neretve, a posebno u matičnom toku, jer izgradnjom hidroelektrane i raznih industrija dolazi u pitanje opstanak već i onako degradiranih naselja neretvanske mekousne. Danas je u Ramskom jezeru registrirano devet ribljih vrsta iz tri porodice. U svim godišnjim dobima u brojčanom pogledu dominiraju strugač i klen. Osim navedenih vrsta s visokim postotkom zastupljen je šaran (11,58%). Od salmonidnih riba dominira dužičasta pastrva s dvadeset jednom (21) jedinkom ili 15,57%. Sa znatno manjim brojčanim vrijednostima zastupljene su ostale salmonidne ribe (zlatovčica sedam jedinki i potočna pastrva). Brojnost sunčanice je značajno zastupljena ovisno o godišnjem dobu. U rijeci Rami tijekom jednogodišnjih istraživanja utvrđene su samo dvije riblje vrste. U svim godišnjim dobima dominirala je potočna pastrva, koja je autohtona riba rijeke Rame, dok je dužičasta pastrva u rijeku unesena poribljavanjem.

### 3.7 Pejzaž

Reljef općine Prozor-Rama je vrlo raznolik, a zastupljeni su brojni oblici reljefa. Nadmorska visina kreće se od 270 m u Ustirami i Gračacu do 2.074 m u jugozapadnim planinskim krajevima. U valovitom i razruđenom reljefu Općina je satkana od planinskih visova Vrana (2.074 m), Ljubuše (1.797 m), Raduše (1.955 m), Baćine (1.530 m),

Proslapske planine (1.268 m), te njihovih pašnjacima bogatim obroncima i poljima koja se većinom nalaze na padinama brda ili u blagim kotlinskim podnebljima.

Najveće područje Općine se nalazi unutar visina od 500 do 1000 m i to je područje središnjeg dijela Općine. Središnje brdsko područje Općine obuhvaća šire područje akumulacije HE Rama (Rumboci – Ščit – Mluša), zatim područje Međugorja i prozorske doline (šira dolina toka Dušice) kao i visoravan Ljubunci – Uzdol do Gračanice, te srednji dio toka Rame s pritokama na lijevoj i desnoj obali.

Zoni od 200 do 500 m n. m. pripadaju dijelovi donjih tokova rijeke Rame i njenih pritoka. Na ostalom dijelu površine općine Prozor – Rama razlikuju se još pet različitih morfoloških blokova, koji su međusobno razdvojeni morfološkim i tektonskim granicama i koji se u morfološkom i geološkom pogledu međusobno znatnije razlikuju.

### **3.8 Kulturno-povijesno naslijeđe**

Područje općine Prozor-Rama je bogato arheološkim nalazištima i spomenicima kulture - stećcima. Na tom području ih ima 837, od kojih u obliku ploča 98, sanduka 674, sljemenjaka 44, krstača 1 i stupova 18 komada. U Prozoru je 1626. godine bilo 200 kuća, a grad je bio opasan zidom. Danas je od tvrđave Prozora ostala još samo omanja kula Studenac. Na izvoru Rame od davnina je postojalo ljudsko naselje koje je u arheologiji poznato kao Velika Gradina u Varvari. 1892. godine ovdje je nađen ručni šiljak, koji se smatra "najstarijom ljudskom tvorevinom u BiH", te ostaci ilirskog rada kraljice Teute na brdu Gradac kod Uzdola, kao i srednjovjekovna kula Studenac kod Prozora.

Na području Općine registrirano je do danas svega jedno prirodno naslijeđe i to Vrelo Krupić s vodopadima koje je zaštićeno 1958. godine rješenjem Zemaljskog zavoda za zaštitu spomenika i kulture BiH. Nacionalni spomenici na području Općine su:

1. Franjevački samostan i Crkva Uznesenja Blažene Djevice Marije u Ščitu – kulturni krajolik i područje
2. Džamija u Lizoperima s mektebom i haremom – graditeljska cjelina
3. Arheološko područje i ostaci stare tvrđave u Prozoru
4. Spomenik na Makljenu - graditeljska cjelina

Kulturno povijesni spomenici od posebnog značaja za ovo područje:

Pretpovijesno razdoblje:

<b>Naziv</b>	<b>Lokacija</b>
Ćešanj Grad	Varvara
Gračac	Podbor
Gradina	K. Polje, Rumboci, Uzdol, Proslap
Lapsunj	Prozor
Ometala	Grnići

Ponor	Prozor
Grad	Prozor
Velika gradina	Varvara
Šibenik	Lug

Antičko razdoblje:

- Dvanaest lokaliteta pretežito treće kategorije.

Srednji vijek:

Naziv	Lokacija
Srednjovjekovni grad Studenac	Prozor
Gramije	Ljubunci
Šibenik	Lug
Kraljev stolac	Klek

Razdoblje turske uprave:

- Čaršijska džamija
- Kopčića turbe
- Sahat kula

Ukoliko se tijekom građenja otkriju nalazi od moguće kulturno - povijesne važnosti, potrebno je privremeno zaustaviti radove, osigurati nalazište, te obavijestiti nadležne organe. Nastavak radova trebaju odobriti nadležni organi.

### 3.9 Naseljenost i infrastruktura

Općinsko središte, grad Prozor, nalazi se neposredno uz magistralnu prometnicu M16.2, 18-ak km sjeverno od Mostara i 100-ak km zapadno od Sarajeva. Preko ove magistralne prometnice Općina je povezana s Hercegovinom i Srednjom Bosnom, te se nalazi na zapadnom razvojnom prometnom pravcu BH epsilon. Regionalnom prometnicom R418a Prozor je povezan s Tomislavgradom i Splitom.

Razmatrano područje administrativno pripada općini Prozor-Rama, odnosno Hercegovačko-neretvanskoj županiji.

Naseljenost i infrastruktura se u nastavku predstavljaju za svako od područja planiranih MHE.

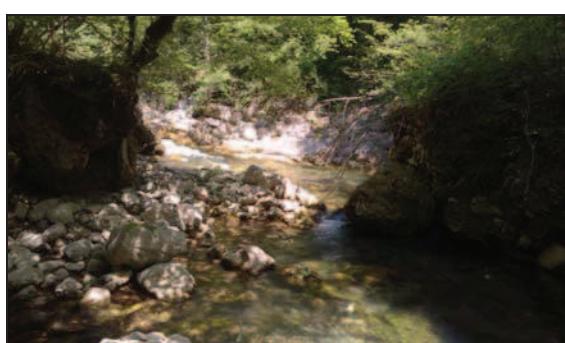
#### MHE Gradina i MHE Modri vir

S gledišta naseljenosti i infrastrukture na području planiranih objekata ove dvije MHE, može se zaključiti kako su lokacije vrlo povoljne. Prostor uz korito rijeke je nenaseljen i

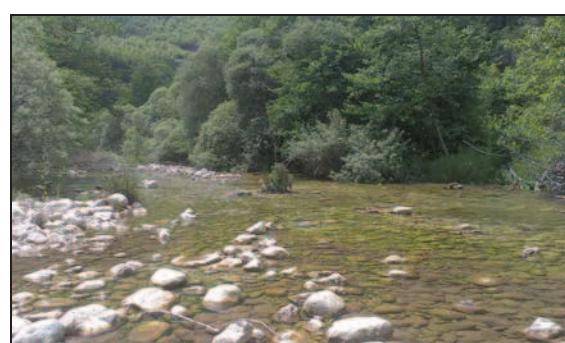
samo manjim djelom u privatnom vlasništvu. Duž desne obale postoji lokalni put korišten kao pristupni u fazi izvođenja dovodnog tunela postojeće HE Rama. Od objekata koji koriste vodu na ovoj dionici je izgrađen samo jedan ribnjak neposredno nizvodno od lokaliteta Zeleni vir.



Slika 14: Položaj planiranih objekata MHE Gradina i MHE Modri vir (1 – brana MHE Gradina; 2 – trasa cjevovoda MHE Gradina; 3 – strojarnica MHE Gradina; 4 – brana MHE Modri vir; 5 – trasa cjevovoda MHE Modri vir; 6 – strojarnica MHE Modri vir; 14 – brana i akumulacija HE Rama; 15 – dovodni tunel HE Rama; 20 – postojeći ribnjak)



Slika 15: Lokacija brane MHE Gradina

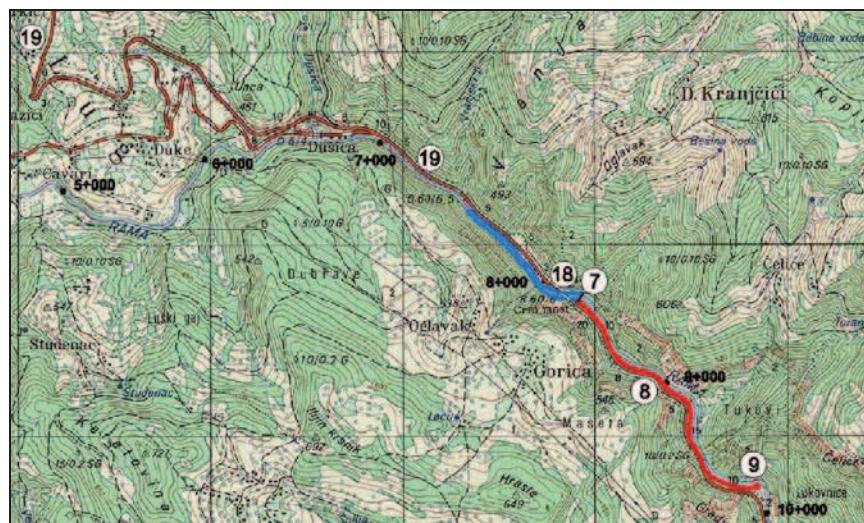


Slika 16: Lokacija brane MHE Modri vir

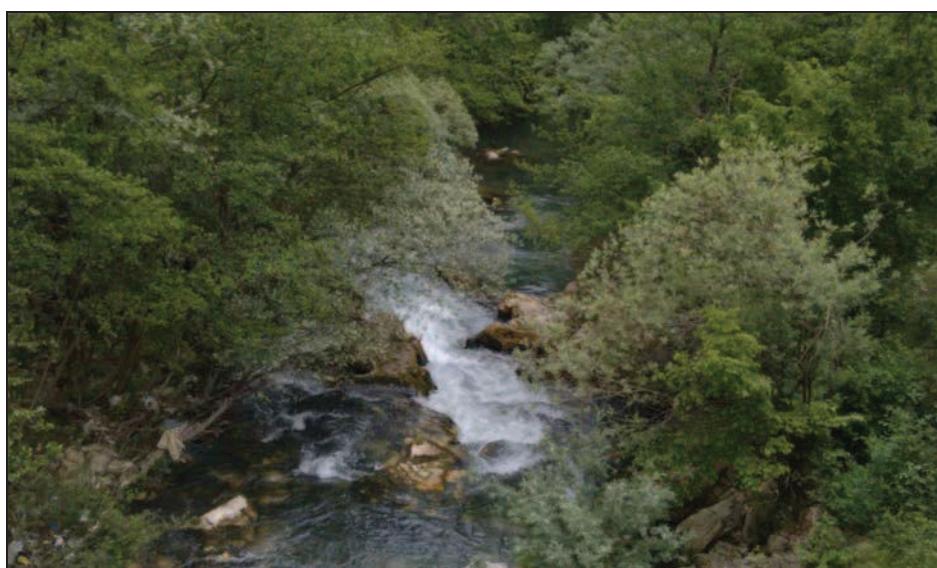
U prilozima ovoga dokumenta nalazi se situacija gornjeg toka rijeke Rame s dispozicijom objekata MHE Gradina i MHE Modri vir, kao i uzdužni profil prethodno navedene situacije.

## MHE Crni most

S gledišta naseljenosti i infrastrukture na području planiranih objekata MHE Crni most, može se zaključiti kako je lokacija povoljna. Prostor uz korito je većim dijelom u državnom vlasništvu, premda postoji i određena površina zemljišta pod privatnim vlasništvom. Desnom obalom rijeke Rame prolazi magistralni put Jablanica – Prozor, tako da je prostor između puta i korita rijeke dosta skučen i visinski ograničen.



Slika 17: Položaj planiranih objekata MHE Crni most (7 – brana MHE Crni most; 8 – trasa cjevovoda MHE Crni most; 9 – strojarnica MHE Crni most; 18 – Crni most; 19 – magistralni put Jablanica – Prozor)

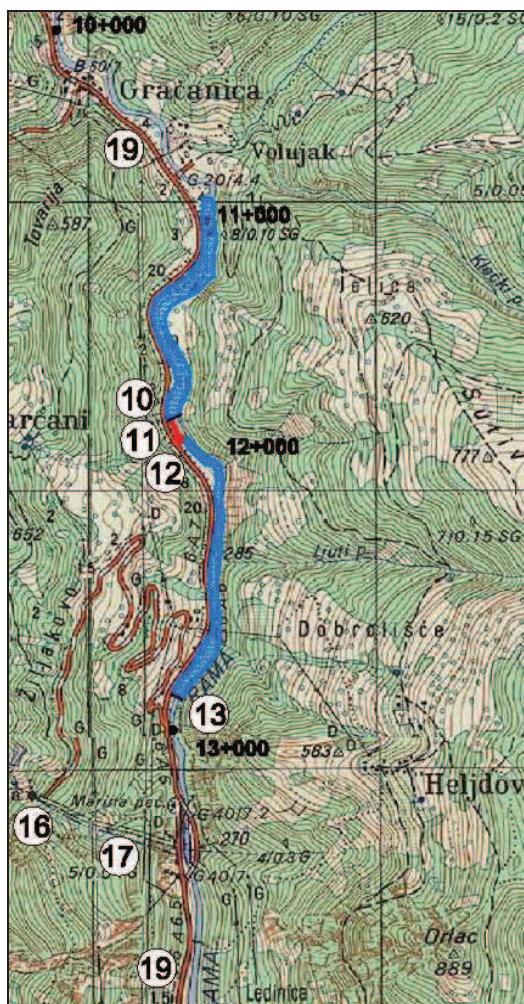


Slika 18: Lokacija brane MHE Crni most

U prilozima ovoga dokumenta nalazi se situacija dijela toka rijeke Rame s dispozicijom objekata MHE Crni most, kao i uzdužni profil prethodno navedene situacije.

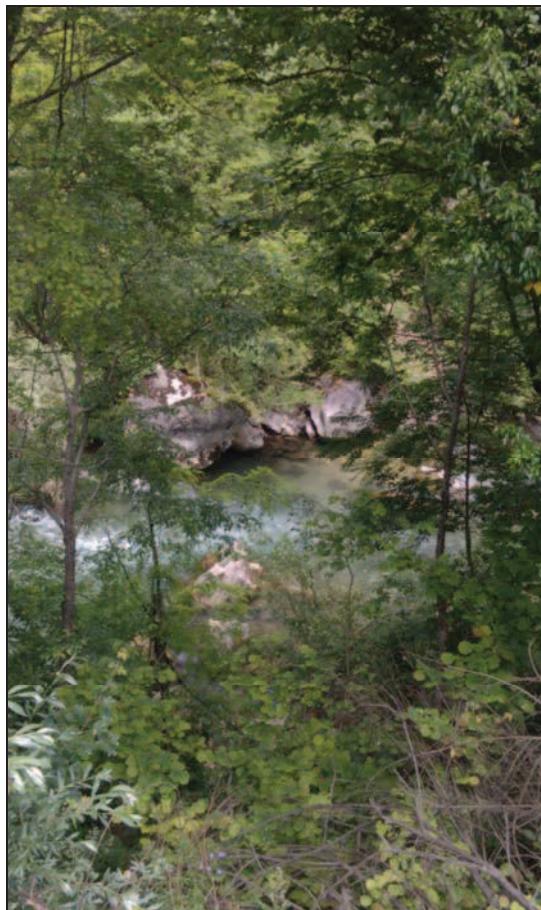
## MHE Gračanica i MHE Marina pećina

S gledišta naseljenosti i infrastrukture na području planiranih objekata MHE Gračanica i MHE Marina pećina, može se zaključiti kako je lokacija povoljna. Prostor uz korito je većim dijelom u državnom vlasništvu, premda postoji i određena površina zemljišta pod privatnim vlasništvom. Desnom obalom rijeke Rame prolazi magistralni put Jablanica – Prozor, tako da je prostor između puta i korita rijeke dosta skučen i visinski ograničen. Na ovoj dionici Rama prima dvije značajnije pritoke: s lijeve strane Volujak i s desne Gračanicu. Uz put je izgrađen manji broj stambenih objekata, a od većih naselja je Gračanica na ušću istoimene pritoke.

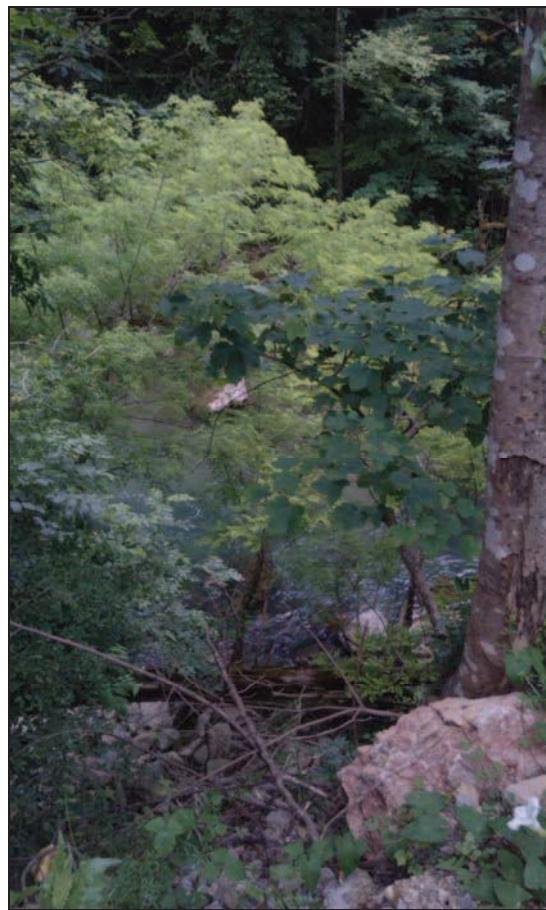


Slika 19: Položaj planiranih objekata MHE Gračanica i MHE Marina pećina (10 – brana MHE Gračanica; 11 – trasa dovodnog kanala MHE Gračanica; 12 – strojarnica MHE Gračanica; 13 – brana i strojarnica MHE Marina pećina; 16 – vodostan, tlačni cjevovod i strojarnica HE Rama; 17 – pristupni i odvodni tunel HE Rama; 19 – magistralni put Jablanica – Prozor)

U prilozima ovoga dokumenta nalazi se situacija dijela toka rijeke Rame s dispozicijom objekata MHE Gračanica i MHE Marina pećina, kao i uzdužni profil prethodno navedene situacije.



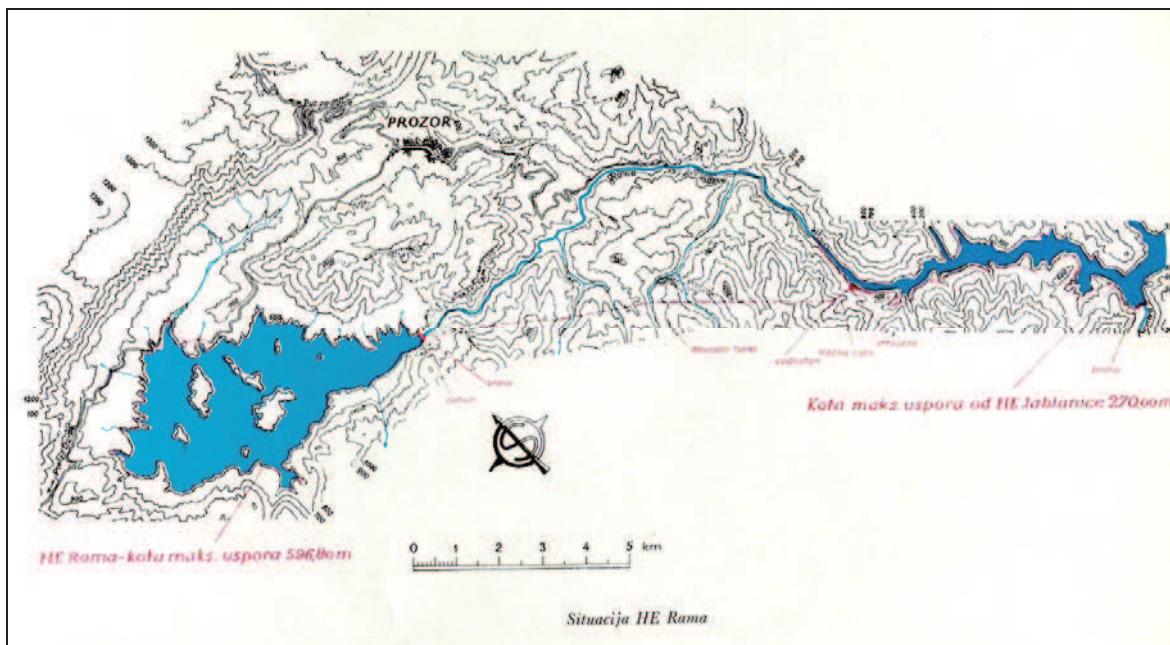
*Slika 20: Lokacija brane MHE Gračanica*



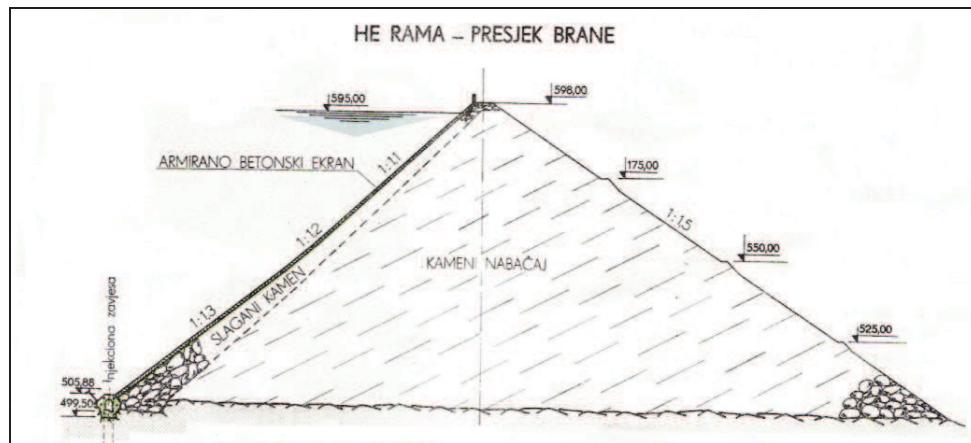
*Slika 21: Lokacija brane MHE Marina pećina*

#### **4 OPĆI PODACI O HE RAMA**

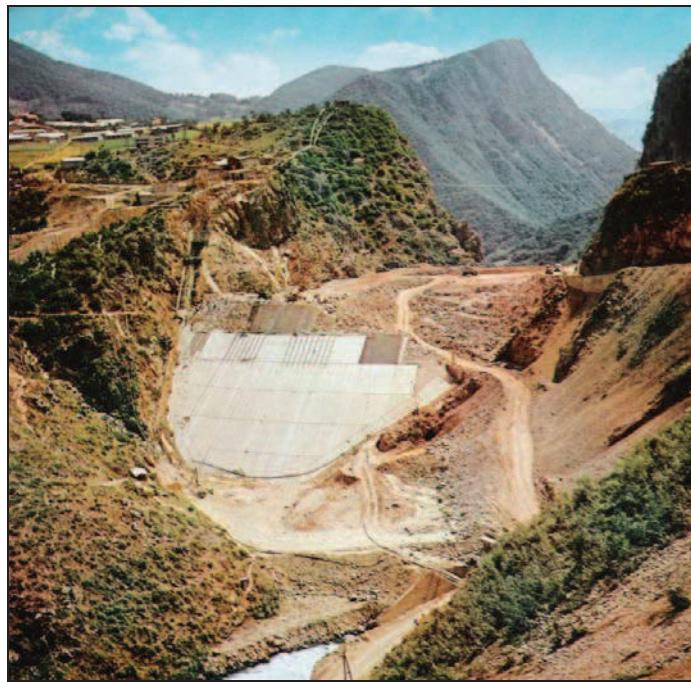
Hidroelektrana Rama (HE Rama) je najveća elektrana u sustavu Neretva-Rama. Njena izgradnja počela je 1964. godine a puštena je u pogon 1968. godine. Nasuta brana od kamenog nabačaja Rama (Slika 23) smještena je blizu grada Prozora (Slika 22) i formira umjetno jezero dužine 8 km s normalnim usporom vode na koti 595,00 m n. n. (Hidroelektrane na Neretvi - Mostar, Sustav hidroenergetskih postrojenja u slivu rijeke Neretve).



Slika 22: Situacijski prikaz akumulacijskog jezera i objekata HE Rama u odnosu na nizvodno akumulacijsko jezero HE Jablanica (Hidroelektrane na Neretvi - Mostar, Hidroelektrana Rama, 1969.)

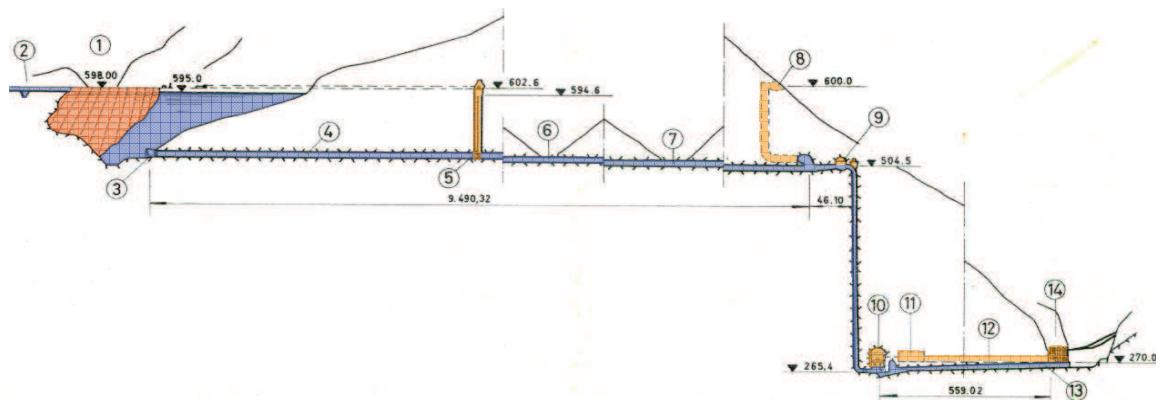


Slika 23: HE Rama – presjek brane  
(Hidroelektrane na Neretvi - Mostar, Sustav hidroenergetskih postrojenja u slivu rijeke Neretve)



Slika 24: HE Rama - brana od kamenog nabačaja s uzvodnim betonskim ekranom u razdoblju izgradnje 1964. – 1968. (pogled s uzvodne strane). U donjem dijelu slike vidi se ulaz u optočni tunel tijekom izgradnje brane koji je nakon izgradnje brane preuzeo funkciju temeljnog ispusta.

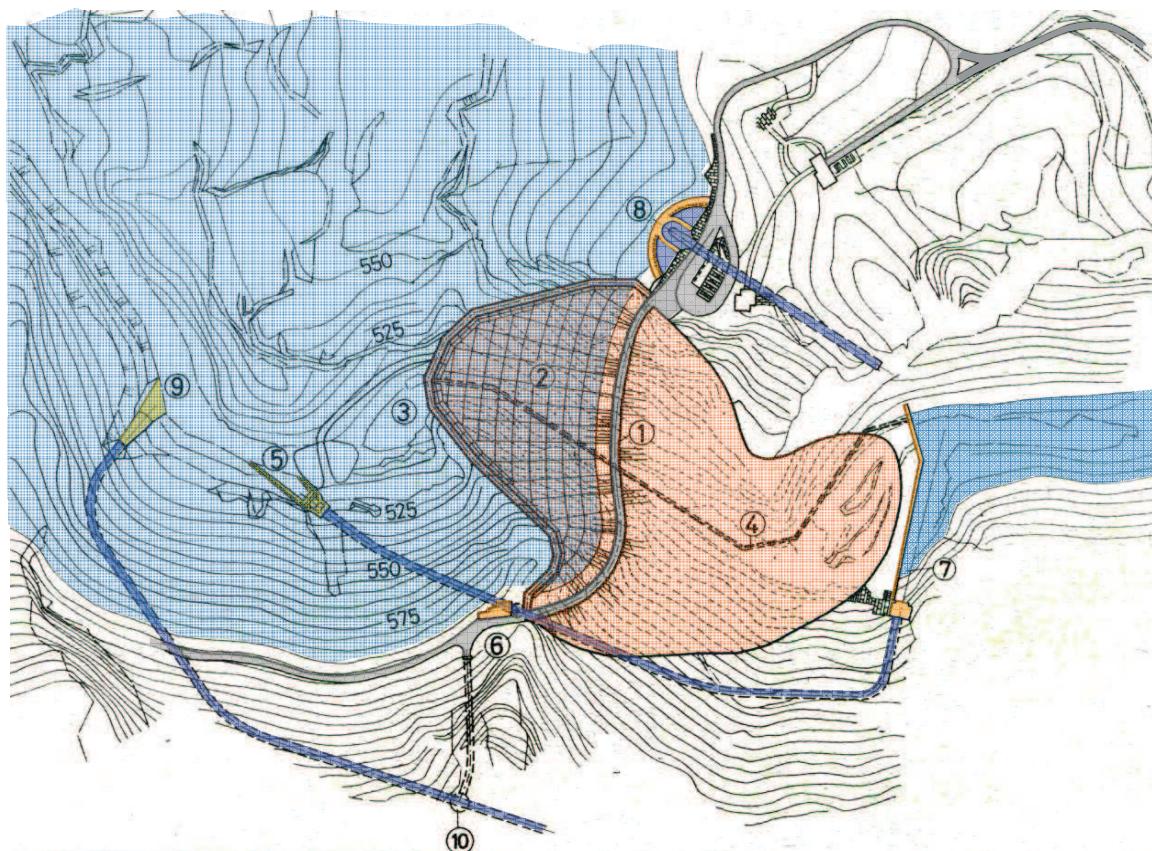
Korisna zapremina akumulacije od 466 milijuna m<sup>3</sup> omogućava djelomično višegodišnje izravnanje što predstavlja 43% od godišnjeg ispuštanja. Brana je visoka 103 m, a dužina krune brane iznosi 229,70 m na koti 598,00 m n. m.



Slika 25: Uzdužni presjek hidroelektrane Rama / 1 – Brana; 2 – Preljev; 3 – Uzlazna građevina; 4 – Dovodni tunel; 5 – Komora tablastog zatvarača; 6 – “Crim” akvadukt; 7 – “Zgradačka Rijeka” akvadukt; 8 – Vodostan; 9 – Komora zatvarača; 10 – Strojarska zgrada; 11 – Podzemna prostorija transformatora; 12 – Pristupni tunel; 13 – Odvodni tunel; 14 – Prekidači (Hidroelektrane na Neretvi – Mostar, Sustav hidroenergetskih postrojenja u slivu rijeke Neretve)

Dovodni tunel hidro-elektrane Rama ima promjer od 5,0 metara ukupne dužine 9.536,42 m. Tunel je obložen betonskom oblogom debljine 30-40 cm. Karakteristično je da je tunel bio izložen konstantno enormnim unutarnjim tlakovima zbog čega su izvedeni sanacijski

radovi na održavanju dovodnog tunela tokom 1994. i 1995. godine. Potpuna obnova tunela nastavljena je u 2004. godini pod Ugovorom poznatim kao "Power III".



Slika 26: Situacija brane Rama /1- Kruna brane; 2 – Admirano-betonska zaštita; 3 – Granični /Završni zid s kontrolnom galerijom; 4 – Drenažna galerija; 5 – Temeljni ispust – ulazna građevina; 6 – Zatvaračnica optočnog tunela; 7 – Slapište temeljnog ispusta /optočnog tunela; 8 – Preljev; 9 – Ulazna građevina; 10 – Zatvaračnica dovodnog tunela (Hidroelektrane na Neretvi - Mostar, Sustav hidroenergetskih postrojenja u slivu rijeke Neretve)

Tablica 10: Osnovni parametri HE Rama (Dams in Yugoslavia, 1971.)

Kota krune brane	598,00 m n. m.
Kota maksimalne razine akumulacije	596,80 m n. m.
Kota normalne razine akumulacije	595,00 m n. m.
Kota minimalne radne razine	536,00 m n. m.
Srednji višegodišnji protok rijeke Rame (za razdoblje 1926. – 1965.)	33,10 m <sup>3</sup> /s
Velike 1000-godišnje vode	300,00 m <sup>3</sup> /s
Velike 10 000-godišnje vode	400,00 m <sup>3</sup> /s
Instalirani protok	64,00 m <sup>3</sup> /s
Maksimalna propusna moć preljeva	400,00 m <sup>3</sup> /s
Maksimalna propusna moć temeljnog ispusta	300,00 m <sup>3</sup> /s
Maksimalna propusna moć evakuacijskih organa	700,00 m <sup>3</sup> /s

Velike vode (poplavni val) ranga  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  ispuštaju se posredstvom polukružnog preljeva lociranog na lijevoj strani brane i odvodnim tunelom čiji je promjer 5,0 metara i dužina 148 metara. Odvodnja vode u razdoblju izgradnje brane obavljala se privremenim optočnim tunelom promjera 5,0 metara i dužine 354 metra u desnoj obali rijeke, koji je kasnije prilagođen u temeljni isplut ukupnog kapaciteta  $302 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.1 Model rijeke Rame (nizvodno od akumulacije HE Rama do ušća u akumulaciju HE Jablanica)

Rijeka Rama nizvodno od akumulacije HE Rama do ušća u akumulaciju Jablanica ima korito dužine od 13.587 m. Za regulaciju razine vode u akumulaciji HE Rama koristi se temeljni isplut brane HE Rama kao evakuacijski organ. Za posljedicu evakuacije voda iz akumulacije desit će se povećanje razine vode u, većinom vremena suhom, koritu rijeke Rama. Za potrebe analize razina velikih voda nizvodno od akumulacije definiran je numerički model na temelju metode konačnih razlika, koristeći softver DHI MIKE11.

Pošto je riječ o koritu koje se nalazi izvodno od akumulacije, protoci u najvećoj mjeri ovise o protocima ispuštenim kroz evakuacijski organ brane pa su obrađivani samo podaci koji su vezani izravno za manipulaciju na evakuacijskom organu.

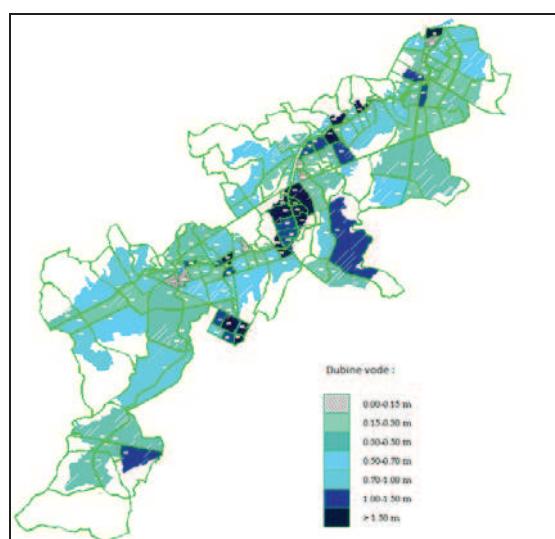


Slika 27: Prikaz područja (brana - VS Marina pećina) numeričke simulacije

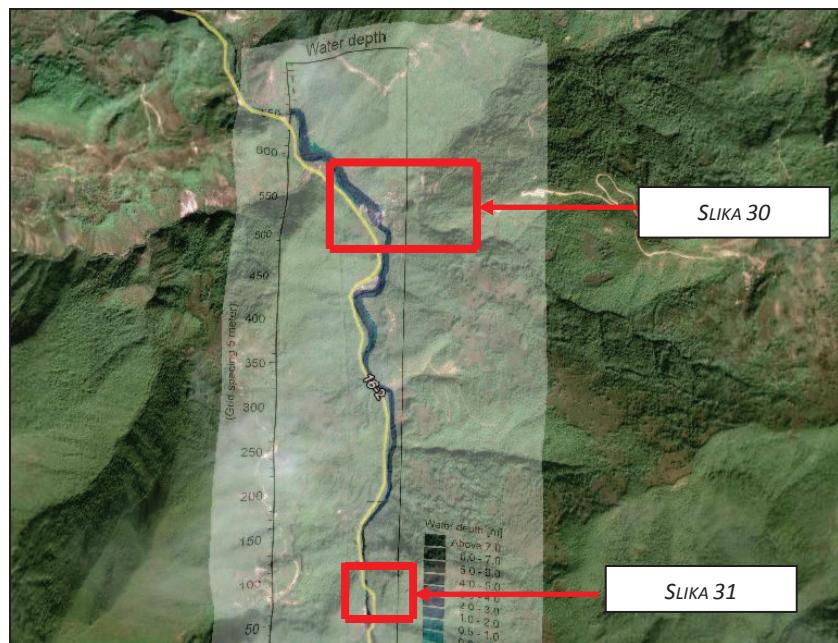
## 4.2 Kartiranje plavnih površina

Kartiranje dubina vode plavnih područja od velikog je značaja za eventualne procjene šteta, kada je riječ o poplavama nastalim na naseljenim ili poljoprivrednim područjima. Također, analiza je značajna i s aspekta eventualnih dozvola za buduću gradnju. Svakako su poplave na rijekama najčešće posljedica padalina, premda u nekim slučajevima i posljedica loše manipulacije na uzvodnim hidrotehničkim objektima, koje su stohastičkog karaktera, stoga slijedi da dotoci od istih, na rijeke, imaju konačno vrijeme trajanja. Drugim riječima može se reći da stacionarno stanje praktično i ne postoji. Dva značajna parametra poplava su dubina i vrijeme plavljenja. Svaka poplava ne izaziva nužno i štetu, a sve u ovisnosti o prethodno spomenuta dva parametra.

Danski software DHI MIKE11 u sebi sadrži i druge module osim hidrodinamičkog (HD) modula, pa stoga i kartiranja koja radi nisu vezana samo za hidrodinamiku, tj. kartiranje poplava, već dubina, brzina, koncentracija neke tvari u vodotoku i sl. Nakon provedenih proračuna, bilo da se radi samo o hidrodinamici ili i o dodatnom proračunu advekcije i disperzije ili pronosu nanosa, kartiranje se vrši po istom principu. Svakako je u mogućnosti to da se prave statičke ili dinamičke mape. Statička mapa predstavlja ekstremnu anvelopu stanja npr. razine vode, pa na taj način dobivamo na kojim se sve područjima nalazila poplava tijekom plavnog vala, ali svakako da to nije bilo baš u isto vrijeme kako mapa i pokazuje. Dinamička mapa daje realniju sliku plavljenja određenog područja. Ona račun provodi isto kao i stacionarna mapa, samo u svakom računskom vremenskom koraku pa je za ovaj posao potrebno dosta više vremena (računalnog vremena). Ukoliko je riječ o dubinama vode, onda će one biti izračunate na osnovu razlike razina vodnog lica i dna. Ukoliko su vrijednosti pozitivne, vrši se prikaz istih podataka u plavne mape.



Slika 28: Primjer kartirane poplave na rijeci



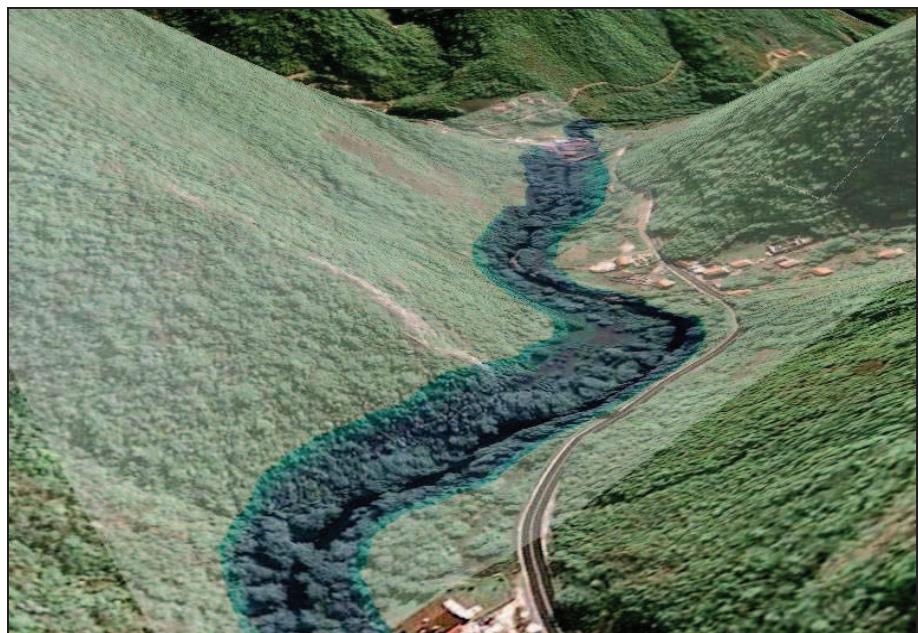
Slika 29: Plavno područje (Gračanica-Marina Pećina, cca .3,5 km) s ucrtanom proračunatom poplavom izazvanom simuliranim vodnim valom za maksimalni otvor temeljnog ispusta (forsirano ispuštanje akumulacije) pri desetogodišnjem dotoku u istu. Simulirani protok dan je na Slici 30Error! Reference source not found.. Žuta crta predstavlja magistralni put Prozor-Jablanica.



Slika 30: Poplavno područje vodnog vala opisanog i prikazanog na Slici 29 na području Gračanice. Žuta crta predstavlja magistralni put Prozor-Jablanica.



Slika 31: Poplavno područje na području VS Marina Pećina (strojarnica) prouzrokovano vodnim valom opisanim i prikazanim na Slici 29.



Slika 32: 3D prikaz proračunate poplave izazvane vodnim valom slučaj 1. kroz selo Gračanica

U prilogu ovoga dokumenta predstavljena je situacija rijeke Rame s naznačenim poprečnim presjecima koji se nalaze u neposrednoj blizini pregradnih profila razmatranih MHE. Priloženi su poprečni profili i uzdužni profil sa izračunatim razinama voda ranga

pojave 1/1000 i 1/10000, što je mjerodavno za HE Rama, a objekti MHE su dimenzionirani za vode ranga pojave 1/100. Iz ovoga se može zaključiti da se objekti MHE mogu dovesti u strože uvjete nego što su uvjeti za koje su proračunati radi toga što se nalaze pod izravnim djelovanjem velikih voda koje su uvjetovane radom hidroelektrane (evakuacija velikih voda sa HE Rama).

## **5 OPIS MOGUĆIH ZNAČAJNIH UTJECAJA I MJERA ZA SPRJEČAVANJE**

### **5.1 Potencijalni utjecaji infrastrukturnog objekta na okoliš**

U skladu s metodologijom procjene utjecaja na okoliš, potrebno je sagledati utjecaje na okoliš koji nastaju u fazi građenja objekta i u fazi korištenja objekta.

#### **5.1.1 Utjecaji u fazi građenja**

Kada je riječ o gradnji objekta razlikuju se pozitivni i negativni utjecaji. Gradnja objekata općenito doprinosi razvoju lokalne ekonomije, prije svega kroz pružanje usluga izvođaču radova, kao i mogućnost zapošljavanja.

Negativni utjecaji mogu nastupiti kao posljedica pripreme lokacije za gradnju, kao i radova tijekom gradnje i to:

- sječa šume i uklanjanja vegetacije duž planirane trase cjevovoda,
- izvođenje zemljanih i građevinskih radova na objektima i svoj pratećoj infrastrukturi i instalacijama vodozahvata, strojarnice i cjevovoda,
- izgradnja pristupnih putova.

Utjecaji se mogu pokazati kroz zamućenje vodotoka i poremećaj režima tečenja, emisiju prašine uslijed transporta i zemljanih radova, poremećaja postojećeg prometnog režima, povećanu buku od transporta i rada građevinskih strojeva, itd. Veći dio negativnih utjecaja javlja se ukoliko se izvođač ne pridržava dobre građevinske prakse. Stoga je od izuzetne važnosti naglasiti odgovornosti izvođača tijekom izvođenja radova, kao i obvezu primjene mjera dobre građevinske prakse.

Kada je riječ o vodama, može doći do onečišćenje vodotoka odlaganjem otpada, zemlje i stjenovitog materijala iz iskopa, prosipanja betona i drugih ostataka građevinskih materijala kod izvođenja armirano-betonskih radova na objektima MHE. Ovakva loša građevinska praksa može imati negativan utjecaj i na tlo, kao i na zagađivanje staništa.

Isto se odnosi na narušavanje pejzaža u estetskom smislu. Može doći i do zamućenja vodotoka uslijed izvođenja zemljanih radova u ili u blizini vodotoka, što je utjecaj koji je

privremen i ograničen na zonu građenja. Za očekivati je da će doći do poremećaja prirodne strukture riječnog dna radi raskopavanja pri izgradnji objekata. Osim utjecaja na vode, ovo može dovesti i do poremećaja staništa vodenih ekosustava, kao i uništavanja živih organizama u istom. Ne treba isključiti ni moguću incidentnu situaciju izljevanja ulja i goriva iz gradilišne mehanizacije, koja može dovesti do onečišćenje voda i tla, te šteta po riblji fond i druge akvatične organizme. Do zagađivanja vodotoka zauljenim vodama može doći s područja smještaja mehanizacije, kao i zagađivanja vodotoka otpadnim vodama fekalnog podrijetla s područja smještaja radnika. Ukoliko izvođač radova predviđi izgradnju građevinskog kampa u kojem će vršiti i servisiranje građevinske mehanizacije, nastajat će i više kategorija otpada koje se mogu svrstati u neopasne i opasne. U tom slučaju prostor ovoga kampa treba biti uređen na način da se oborinske vode prikupe i pročiste separatorom. Kao produkt pročišćavanja nastaje otpad 19 08 10\*. Isto se odnosi na gume, zauljene krpe, i sl. U slučaju da izvođač ne bude imao građevinski kamp i ne bude vršio servisiranje mehanizacije, pretakanje goriva i sl, ovaj otpad neće niti nastajati. U tom slučaju obaveza izvođača je na odgovarajući način zbrinuti neopasni otpad koji nastaje u zoni građenja, te radnicima osigurati mobilne toalete sa spremnikom za fekalije. Prilikom građenja za očekivati je mogući utjecaj na postojeći promet kao i povećanje buke od rada građevinske mehanizacije.

Izgradnja objekata MHE neće uzrokovati nestanak neke od biljnih vrsta na predmetnom području, jer su iste rasprostranjene na širem području, također, neće doći do značajnog poremećaja u sastavu kopnene faune, te će svi predstavnici iste moći opstati na staništima u blizini područja zahvata. Važno je naglasiti da se većina navedenih potencijalnih utjecaja može umanjiti i kontrolirati odgovarajućim mjerama.

### **5.1.2 Utjecaji u fazi korištenja**

Energija proizvedena u MHE predstavlja energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora. Potrošnja električne energije iz obnovljivih izvora pridonosi zaštiti okoliša i održivom razvitu, te je evidentna težnja ka što većem postotnom udjelu proizvodnje i potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji električne energije. To je izraženo i u direktivama Europske zajednice koje nalažu svojim članicama, i onima koji to žele postati, kako trebaju poduzeti korake kako bi povećali proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, a jedan od ciljeva je bio postići 12% bruto domaće potrošnje energije unutar EZ iz obnovljivih izvora do 2010. Godine (Direktiva Europskog parlamenta 2001/77/EC). U tom kontekstu, shodno prirodnim resursima i geomorfološkoj konfiguraciji područja BiH, sigurno je značajno poticati projekte izgradnje kapaciteta za proizvodnju električne