

# Energetsko korištenje voda slivnog područja rijeka Like i Gacke

---

**Martinčić, Marina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:711544>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**MARINA MARTINČIĆ**

**ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA SLIVNOG  
PODRUČJA RIJEKA LIKE I GACKE**

**ZAVRŠNI RAD**

**VARAŽDIN, 2021.**

Sazivam članove ispitnog povjerenstva  
za 16. 07. 2021. u 9 s.a.  
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred  
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu  
Varaždin, 02. 07. 2021.

Predsjednik  
ispitnog povjerenstva:

izr. prof. dr. sc. Saufa Kovac̃

### Članovi povjerenstva

- 1) Prof. dr. sc. Ranko Biondić
- 2) izr. prof. dr. sc. Miroslav Meaški
- 3) Prof. dr. sc. Saufa Kapelj

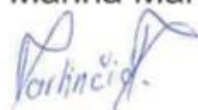
**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

**ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA SLIVNOG  
PODRUČJA RIJEKA LIKE I GACKE**

**KANDIDAT:**

Marina Martinčić



**MENTOR:**

prof.dr.sc. Ranko Biondić

**VARAŽDIN, 2021.**



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: MARINA MARTINČIĆ

Matični broj: 2774 - 2017./2018.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA SLIVNOG PODRUČJA RIJEKA LIKE I GACKE

Rad treba sadržati: 1. Uvod

2. Lika i Gacka
3. Hidroenergetski sustav Senj
4. Hidroenergetski sustav Kosinj - HE Senj 2
5. Vodoopskrbni sustav Hrmatine
6. Zaštita voda
7. Zaključak

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 10.03.2021.


Rok predaje: 02.07.2021.

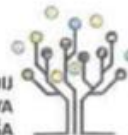
Mentor:

  
Prof.dr.sc. Ranko Biondić



Predsjednik Odbora za nastavu:

  
Izv.prof.dr.sc. Sanja Kovač



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

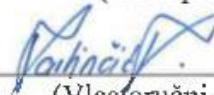
### **Energetsko korištenje voda slivnog područja rijeka Like i Gacke**

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenom i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof.dr.sc. Ranka Biondića**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 28. lipnja 2021.

Marina Martinčić  
(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

## **IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA**


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

### **Energetsko korištenje voda slivnog područja rijeka Like i Gacke**

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 28. lipnja 2021.

Prof.dr.sc. Ranko Biondić  
(Mentor)



---

(Vlastoručni potpis)

# SAŽETAK

Ime i prezime autora: Marina Martinčić

Naslov rada: Energetsko korištenje voda slivnog područja rijeka Like i Gacke

Najpoznatije i najveće ponornice kako Like, tako i Hrvatske su Lika i Gacka. Karakterizira ih relativno miran i dugi tok koji dijelom ili cijelom svojom dužinom teče ispod zemlje kao krški sustav. Veliku ulogu u elektroenergetskom sustavu ima Hidroenergetski sustav Senj s pratećim objektima koji služi za iskorištavanje vodnih snaga tih rijeka. Za iskorištavanje preostalih neiskorištenih potencijala godinama se razmatra mogućnost dogradnje sustava, što je uvjetovalo za rješenje izgradnju Hidroenergetskog sustava Kosinj i rekonstrukciju postojećih objekata. Također, veliki doprinos imaju i u vodoopskrbi, pa tako svu vodu iz HE Senj koristi vodozahvat Hrmotine za potrebe vodoopskrbe od grada Senja do Karlobaga, te otoka Paga i Raba. U svrhu zaštite izvorišta koja se koriste za vodoopskrbu, utvrđene su zone sanitarne zaštite s propisanim mjerama i zabranama za upravljanje istima.

Ključne riječi: Lika, Gacka, hidroenergetika, HE Senj, HE Sklope, HE Kosinj, HE Senj 2, vodoopskrba, zaštita voda



# **ABSTRACT**

Name and surname: Marina Martinčić

Title: Energy use of waters of the catchment area of the rivers Lika and Gacka

The most famous and largest subterranean rivers in both Lika and Croatia are the Lika and the Gacka. They are characterized by a relatively calm and long course that flows partly or entirely underground as a karst system. The Senj Hydropower System with accompanying facilities, which use the water power of these rivers, play a major role in an electric power system. In order to exploit the remaining untapped potentials, the possibility of upgrading the system has been considered for years which required the construction of the Kosinj Hydropower System and the reconstruction of the existing facilities. Also, they contribute significantly to a water supply, so all the the water from the HPP Senj is used by the water pumping station Hrnotina in order to provide water supply to the towns of Senj to Karlobag, and the islands of Pag and Rab. For the purpose of protection of the springs which are used for water supply, sanitary protection zones have been determined with measures and prohibitions concerning their management.

Key words: the Lika and Gacka Rivers, Hydropower, HE Senj, HE Sklope, HE Kosinj, HE Senj 2, Water supply, Water Protection

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. LIKA I GACKA.....	3
3. HIDROENERGETSKI SUSTAV SENJ.....	6
3.1. AKUMULACIJSKO JEZERO KRUŠČICA I HE SKLOPE.....	7
3.2. BRANA SELIŠTE .....	8
3.3. DERIVACIJSKI SUSTAV OD BRANE SELIŠTE DO HE SENJ .....	9
3.4. STROJARNICA – HE SENJ .....	11
3.5. ODVODNI TUNEL OD HE SENJ DO JADRANSKOG MORA .....	12
4. HIDROENERGETSKI SUSTAV KOSINJ – HE SENJ 2 .....	13
5. VODOOPSKRBNI ZAHVAT HRMOTINE .....	18
6. ZAŠTITA VODA .....	22
6.1. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – RIJEKA GACKA .....	23
6.2. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – VODOZAHVAT HRMOTINE .....	25
6.3. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – NOVLJANSKA ŽRNOVNICA.....	27
7. ZAKLJUČAK .....	28
LITERATURA.....	30
POPIS SLIKA.....	33

# 1. UVOD

Hidroenergija je jedan od najvažnijih izvora električne energije. Hrvatska je bogata vodnim potencijalima što nam govori da ima dugu tradiciju korištenja istih. Među važnijim hidroelektranama u Hrvatskoj nalazi se HE Senj, koja iskorištava vode iz hidroenergetskog sustava rijeka Like i Gacke. Iako je riječ o dvije susjedne ponornice sličnih klimatskih, topografskih i geoloških svojstava, bitno se razlikuju po hidrološkim svojstvima što je jednim dijelom i posljedica izgradnje hidroenergetskog sustava Senj.

Hidroenergetski sustav Senj čine HE Sklope i HE Senj s akumulacijama, branama i pratećim objektima. HE Senj puštena je u pogon 1965. godine s raspoloživim proizvodnim kapacitetom od 216 MW, što postiže uz pomoć tri Francis turbine, za razliku od HE Sklope koja uz pomoć jedne turbine istog tipa ostvaruje 22,5 MW električne energije. Izgrađena je za 1 godinu, 5 mjeseci i 24 dana te puštena u rad 1970. godine, što predstavlja veliki uspjeh i dostignuće na gradnji takvih objekata za to vrijeme [1]. Međutim, već tada se razmišljalo o većoj akumulaciji kojom bi se zahvatili neiskorišteni potencijali ponornica Like i Gacke, a što je uvjetovalo izgradnju projekta koji je krenuo u realizaciju, odnosno u izgradnju hidroenergetskog sustava Kosinj i HE Senj 2. To je zasigurno jedan od većih HEP-ovih projekata kojim će se iskoristiti proizvodni kapacitet od 412 MW, odnosno kojim će se osigurati novih 320 GWh/god. električne energije.

Cijeli sustav HES-a Senj ima veliki doprinos u vodoopskrbi. Vode iz sustava odlaze do vodozahvata Hrmotine kojim se opskrbljuju područja od grada Senja do Karlobaga, te otoci Pag i Rab. Veći dio odlazi prema postrojenju Vodovoda Hrvatsko primorje – južni ogranak, a drugi dio prema postrojenju GKD Komunalac Senj, gdje se obavljaju određeni procesi prerade vode, iako je ona danas daleko bolje kvalitete nego 90-ih godina dok je bilo više stanovništva na tom prostoru, što znači da je i poljoprivreda bila znatno razvijenija nego danas.

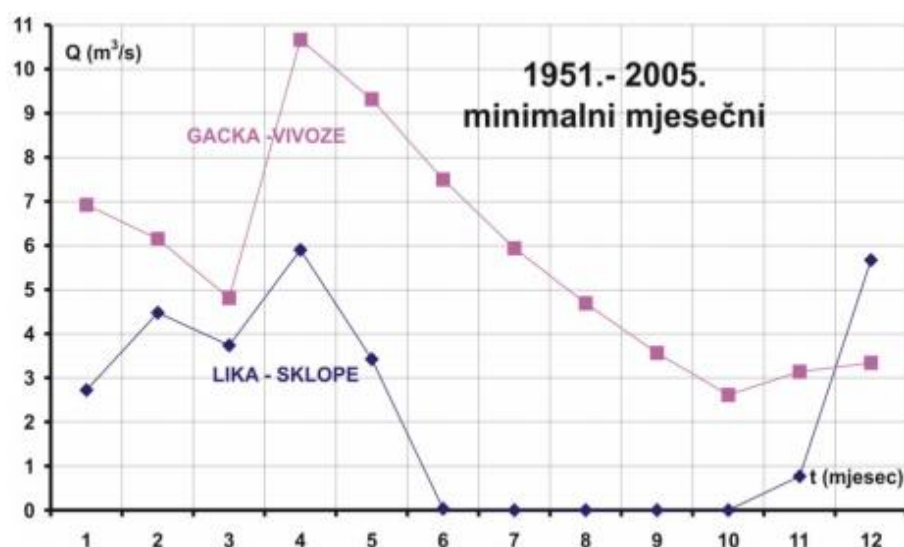
Izvorišta koja se koriste za vodoopskrbu zaštićena su zonama sanitarne zaštite koje nose određene mjere i zabrane što omogućuje zaštitu izvorišta od daljnjih onečišćenja, te samim time smanjenje postojećih. U radu su navedene i detaljno objašnjene zone sanitarne zaštite koje obuhvaćaju slivno područje izvorišta Gacke, vodozahvata Hrmatine te izvorišta Novljanska Žrnovnica.

## 2. LIKA I GACKA

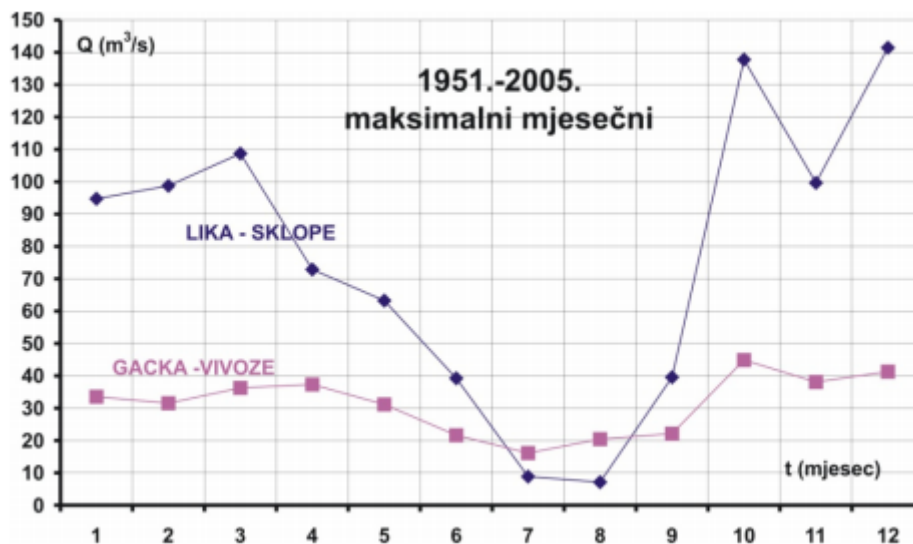
Lika je regija u jugozapadnom dijelu Hrvatske, okružena planinama Velebitom, Velikom i Malom Kapelom te Ličkom Plješivicom. Najveći dio Like građen je od vapnenaca i dolomita, vodopropusnih stijena u kojima je razvijen krš. Unutar planinskog okvira, između 500 i 700 m n.m. nalaze se mnogobrojna polja u kršu koja i predstavljaju posebnost ove regije, a to su: Ličko, Gacko, Krbavsko, Koreničko i Lapačko polje. Pojam krških polja usko je povezan s vodama. Polja su u većini slučajeva okružena planinskim lancima koja apsorbiraju, tj. zadržavaju veće količine oborina, dok kroz sama polja teku vodotoci od kojih se jedan izdvaja kao glavni koji na kraju polja ponire, poput primjera rijeke Like.

Rijeka Lika je 78 km duga ponornica, što je svrstava po duljini toka u 2. ponornicu Europe. Zahvaljujući geološkom sastavu i tektonskim odnosima, razgranata je hidrografskom mrežom. U svojem toku prima vode glavnih pritoka: Novčica i Otešica s lijeve strane te Glamočnica i Jadova s desne strane. Lijeva strana sliva je znatno razvijenija od desne strane. Ukupna dužina lijeve strane iznosi 404 km, odnosno ukupna površina sliva sa svim tim pritocima zajedno s Likom iznosi 529 km<sup>2</sup>. Dužina sliva na desnoj strani iznosi 158 km, tj. površina sliva je 485 km<sup>2</sup> [2]. Također, rijeka Lika u svoj tok prima vode nekoliko manjih pritoka: Bogdanica, Brušnica, Rizvanuša, Rakovica, Lopuža, Bužimica, Počiteljica, Crno Vrelo i Balatin. Približna površina ukupnog sliva iznosi 1.200 km<sup>2</sup>, prosječna godišnja količina padalina oko 1.530 mm, a srednji godišnji protok 30,6 m<sup>3</sup>/s [3]. Tako veliki intenzitet oborina uz pretežito površinsko otjecanje daje ovom vodotoku bujični karakter. To potvrđuje i činjenica da su u razdoblju od 1951. – 2005. na vodomjernoj postaji Sklope izmjereni sljedeći protoci: minimalni 0 m<sup>3</sup>/s, srednji 24,67 m<sup>3</sup>/s i maksimalni 729 m<sup>3</sup>/s [4]. Zbog tako velikih kolebanja u protoku, Lika nije naročito pogodna za energetska iskorištenje, pa je iz toga razloga bilo potrebno pronaći moguće rješenje za izgradnju veće akumulacije za potrebe vodnog izravnjanja [3].

Rijeka Gacka čini 61 km dugu ponornicu zajedno sa svojim pritocima koji ju obogaćuju s lijeve i desne strane obale. Odlikuje se kao čista, bistra voda ujednačene količine s relativno sporim i mirnim tokom. Vijuga u zaleđu Velebita i Senjskog bila na površini od oko 584 km<sup>2</sup> s prosječnom godišnjom količinom padalina od 1.350 mm i srednjim godišnjim protokom od 14,13 m<sup>3</sup>/s [5]. Svoj tok započinje nizom povremenih i stalnih izvora, točnije od izvora Tonković vrilo odakle se spušta niz područje Gackog polja zajedno s pritocima koji dolaze s Majerovog vrila, vrila Klanac, Pucirepa, Knjapovca, Begovca, Kostelke, Grabe, Marusinog vrila i Jamić vrila [6]. Izvorišna zona rijeke Gacke predstavlja jedan od najvrjednijih resursa vode za piće u Hrvatskoj. Na tom dijelu je kaptirano 60 l/s vode za vodoopskrbu iako su mogućnosti daleko veće od toga. Minimalna izdašnost cijelog izvorišta je 2,5 m<sup>3</sup>/s, a srednja 13 m<sup>3</sup>/s. U kišnom periodu ima hidrogeološku funkciju drena podzemne vode, dok se za vrijeme suše prihranjuje iz podzemlja. Jedna od karakteristika sliva je da ima veliku retencijsku sposobnost u podzemlju, a glavninu dotoka dobiva upravo putem podzemnih puteva [2]. Zahvaljujući tome, Gacka je vodotok s prilično ujednačenim odnosom među protocima, odnosno nema velikih odstupanja između minimalnih, srednjih i maksimalnih protoka što dokazuje činjenica da su tijekom istog razdoblja kao kod slučaja sliva Like (1951. - 2005.), na vodomjernoj postaji Vivoze izmjereni sljedeći protoci: minimalni 2,29 m<sup>3</sup>/s, srednji 14,84 m<sup>3</sup>/s i maksimalni 71 m<sup>3</sup>/s [4].



Slika 1. Grafički prikaz minimalnih mjesečnih protoka na vodomjernim postajama Sklope i Vivoze [4]



Slika 2. Grafički prikaz maksimalnih mjesečnih protoka na vodomjernim postajama Sklope i Vivoze [4]

Na temelju toga potvrđuje se činjenica da je tok Like bujičnog karaktera, za razliku od Gacke kod koje je hidrološki režim ujednačen. Sa slike 2 možemo uočiti razliku protoka u pojedinim dijelovima godine pa tako u ljetnim mjesecima imamo više protoke na vodomjernoj postaji Vivoze - Gacka zbog snažnog prihranjivanja iz podzemlja, dok Lika u pojedinim slučajevima presušuje. Za vrijeme zime i kišnog razdoblja imamo drugačije stanje što pokazuje da su protoci na vodomjernoj postaji Sklope – Lika znatno viši od Gacke (Slika 2 i 3).

Zbog velike izdašnosti ponornica Like i Gacke te u svrhu optimalnog korištenja, izgrađen je hidroenergetski sustav Senj čime su bitno izmijenjeni prirodni tokovi tj. uvjeti otjecanja vode u širem slijevu priobalnih izvora. Danas u ponorne zone (Lipovo polje) otječu samo preljevne vode koje nastaju tijekom kišnih razdoblja, a koje će zahvatiti buduća akumulacija HE Kosinj [7].

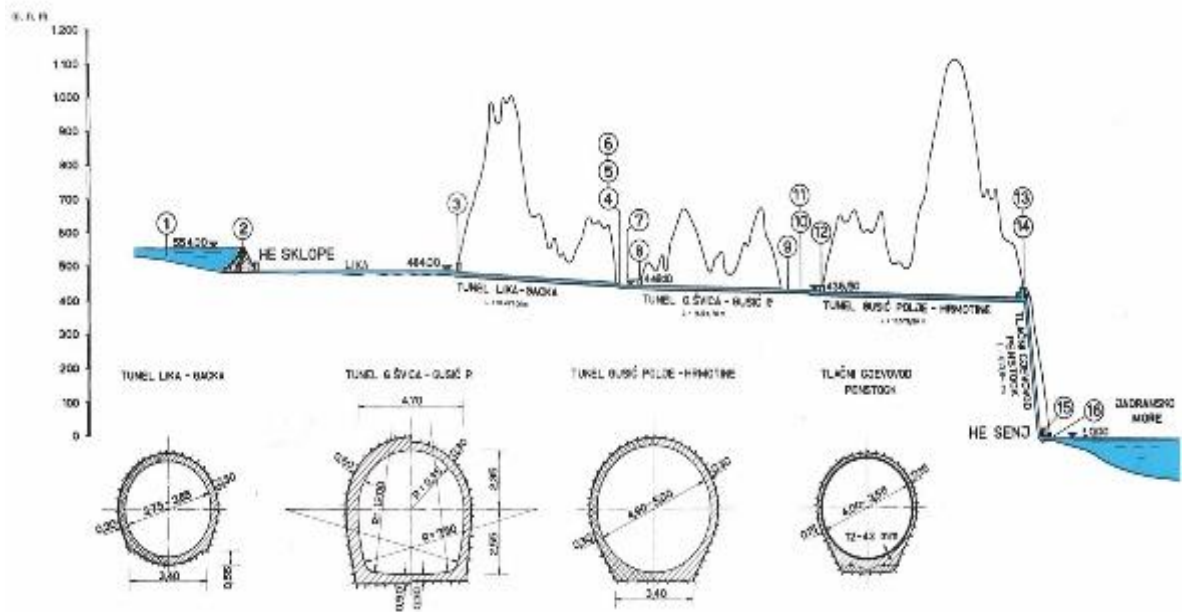
### 3. HIDROENERGETSKI SUSTAV SENJ

Ponornice Lika i Gacka privlače pozornost mnogih inženjera još od prve polovine 20. stoljeća. Za vrijeme 1. svjetskog rata izrađena je studija o energetsom korištenju voda Gacke, dok je 1938. godine započeta studija o zajedničkom korištenju s rijekom Likom. Nakon dugotrajnih istražnih radova, studije su okrunjene odlukom o izgradnji HE Senj, a zatim i HE Sklope, što ih zajedno čini hidroenergetskim sustavom (HES) Senj (Slika 3).

Izgrađeni hidroenergetski sustav Senj sastoji se od sljedećih objekata [8]:

1. Akumulacijsko jezero Kruščica
2. Brana i HE Sklope
3. Brana Selište
4. Brana Vivoze
5. Regulacija Gacke
6. Brana Šumečica
7. Kanal Lika - Gacka
8. Ulazni uređaj Gornja Švica
9. Kanal Marasi – Gusić polje
10. Akumulacijsko jezero Gusić polje
11. Preljevna brana Gusić polje
12. Ulazni uređaj Gusić polje
13. Vodna komora
14. Zasunska komora
15. Strojarnica – HE Senj
16. Odvodni tunel i izlazna građevina



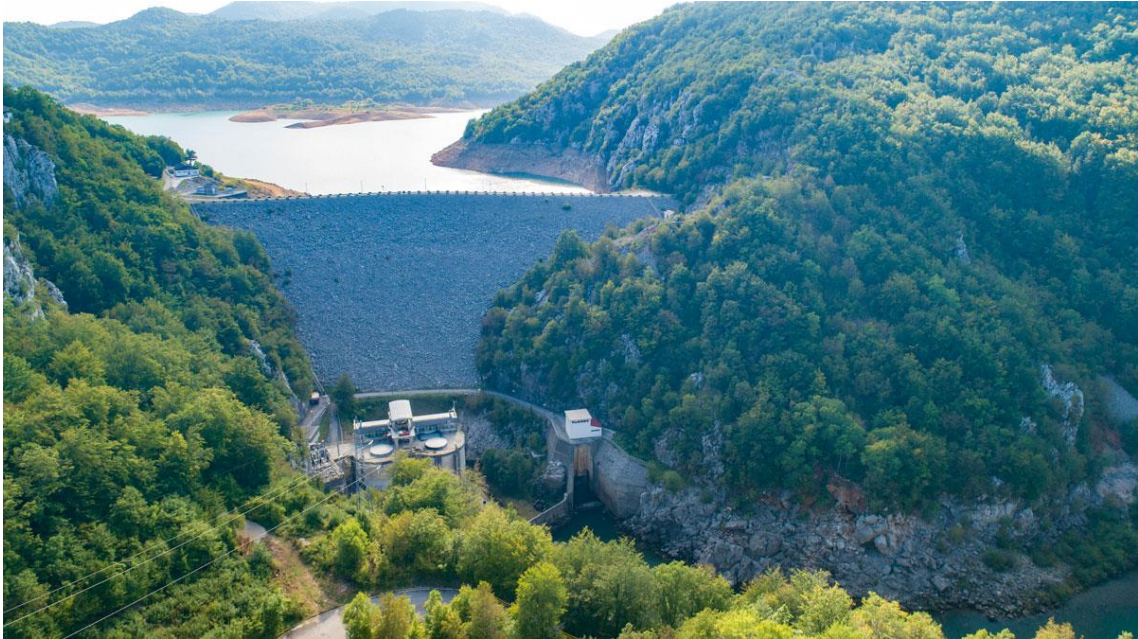


Slika 3. Shema HE sustava – uzdužni profil [9]

### 3.1. AKUMULACIJSKO JEZERO KRUŠČICA I HE SKLOPE

HE Sklope izgrađena je 1970. godine kraj nekadašnjeg sela Kruščica u blizini Mlake (Kosinj). Razlozi izgradnje HE Sklope su bili dobivanje električne energije te pomoć oko poplava, odnosno smanjenje poplava koje nastaju uslijed velikih kiša i otapanja snijega. Međutim, danas smo i sami svjedoci da se izgradnjom HE nisu spriječile daljnje poplave na tom području ali su se time bitno promijenile hidrološke karakteristike rijeka Like i Gacke.

U svrhu optimalnog korištenja voda rijeke Like izgrađena je nasuta brata Sklope (Slika 4). Duljina brane Sklope u kruni iznosi 218 m, visina 75 m, a širina oko 240 m [3]. Njenom izgradnjom je zaustavljena rijeka Lika koja sada puni akumulaciju stvarajući oko 25 km dugo jezero Kruščica, koje je ime dobilo po istoimenom selu koje se danas nalazi na dnu jezera. Stanovništvo tadašnjeg sela isplaćeno je za sva svoja dobra te je iseljeno, a istu sudbinu čeka i stanovništvo Gornjeg Kosinja u trenutku kada krene izgradnja HE Senj 2.



Slika 4. HE Sklope [10]

Budući da je riječ o nasutoj brani, preko nje ne smije biti prelijevanja jer bi svako prelijevanje preko krune moglo izazvati njeno razaranje. U tu svrhu, voda se iz jezera koristi za rad HE Sklope, a u slučaju većih količina voda, ista se ispušta u korito kroz preljev koji se nalazi s desne strane obale. S lijeve strane se nalazi temeljni ispust koji služi za evakuaciju malih voda u slučaju da turbina ne radi. Strojarnica HE Sklope smještena je uz desnu obalu Like, podno brane. Zbog sigurnosti od povremenih visokih voda rijeke Like, strojarnica je izvedena u obliku kružnog bunara promjera 14 m i visine 23 m. U njoj je smještena vertikalna Francis turbina, instaliranog protoka  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ , snage 23,5 MW i srednje godišnje proizvodnje električne energije 90 GWh [3].

### **3.2. BRANA SELIŠTE**

Vode rijeke Like teku svojim prirodnim koritom 17 km nizvodno od brane Sklope do brane i kompenzacijskog bazena Selište u Lipovom polju. Neposredno prije ponora, betonska gravitacijska brana pregrađuje korito Like čime se omogućuje skretanje voda u tunel Lika – Gacka do čvorišta Šumećica. U slučaju

visokih voda, voda rijeke Like se preljeva preko krune brane te se odvodi do njezinih ponora. Visina brane iznosi 13,50 m, a duljina 48 m. Betonski preljev nalazi se na koti 482 m n.m., odnosno 5 m iznad korita rijeke Like. Preljev duljine 24 m opremljen je automatskom zapornicom visine 2 m kojom se regulira protok vode do kote od 484 m n.m. [11].

### **3.3. DERIVACIJSKI SUSTAV OD BRANE SELIŠTE DO HE SENJ**

Uz branu Selište nalazi se tunel Lika – Gacka kružnog poprečnog presjeka koji odvodi vode rijeke Like u sliv rijeke Gacke. Promjer tunela iznosi 3,84 m, duljina 10,48 km, a protočni kapacitet 49 m<sup>3</sup>/s [11]. Kad je riječ o gradnji samog tunela, radio se na 4 radna mjesta: ulazni dio u Selištu koji je napravljen u obliku četvrtastog presjeka s tablastim zatvaračima, izlaz Šumećica i dva radna mjesta u selu Crno jezero, nedaleko od Otočca. Tunel koji se tamo počeo graditi 1961. godine služio je kao pomoćni tunel kako bi se iskopni materijal mogao odvoziti na kipu, tj. na mjesto gdje su odlagali pijesak i kamenje.

Brana Vivoze pregrađuje i zatvara sjeverni krak toka rijeke Gacke. Time se omogućuje dovod voda rijeke Gacke do čvorišta Šumećica gdje se spaja s vodama rijeke Like te od tamo zajedno nastavljaju prema HE Senj. Riječ je o nasutoj brani visine 8,50 m, širine 4 m s krunom na koti od 451, 31 m n.m [3]. U slučaju velikih voda, dio se propušta kroz temeljni ispust koji se nalazi na lijevom boku brane te u tom slučaju voda skreće u sjeverni krak toka Gacke. Korito Gacke je regulirano na tri osnovne dionice:

- I. od brane Vivoze do brane Šumećica
- II. od brane Šumećica do Gornjeg Švičkog jezera
- III. od Gornjeg do Donjeg Švičkog jezera

Brana Šumećica pregrađuje korito rijeke Gacke i održava stalnu razinu vode koja omogućuje protok do 60 m<sup>3</sup>/s prema HE Senj, dok viškove propušta

prema Donjem Švičkom jezeru. Brana je izvedena kao armirano – betonska sandučasta konstrukcija koja je duljine i visine od 7,50 m i širine 10 m.

Na temelju gore navedenih podataka, možemo reći da kanal Lika – Gacka prolazi kroz dvije dionice. Na prvoj dionici dugoj 336 m dovode se vode rijeke Like do rijeke Gacke, tj. odnosi se na dio od tunela Lika – Gacka do čvora Šumećica dok se drugi dio kanala duljine 1.472 m odnosi na dio od čvora Šumećica do ulaznog uređaja Gornja Švica gdje se vode sjedinjuju.

Tunelom Gornja Švica – Gusić polje dovode se vode iz Gornje Švice do kompenzacijskog bazena Gusić polje. Tunel je visine 4,90 m i širine 4,70 m. Dužina tunela kojim protječu vode sa slobodnim vodnim licem iznosi 9 194,76 m. U čitavoj svojoj duljini je obložen betonskim oblogama. Visina punjena pri protoku od 60 m<sup>3</sup>/s iznosi 4 m uz brzinu od 3,44 m/s. Na početku tunela nalazi se ulazni uređaj sa segmentnom zapornicom visine 6,20 m, širine 4,70 m na koti od 443,91 m n.m. Pri spuštanju zapornice, zaustavlja se dovod vode u tunel te ista nastavlja u smjeru Gusić polja pomoću kanala Marasi – Gusić polje. Kanal je izveden kao bazen trapeznog poprečnog presjeka. Dužina kanala iznosi 1.993,4 m, a širina 2,20 m. U čitavoj svojoj dužini ima izbetonirano dno i pokose obložene armiranim pločama. Na lijevom boku kanala izveden je sigurnosni preljev dužine 240 m koji regulira protoke od 60 m<sup>3</sup>/s uz preljevnu visinu od 30 cm. Također, na sjecištu kanala s koritom sjevernog kraka Gacke, izveden je betonski preljev preko kojeg se mogu ispuštati vode Gacke iz kraka u kanal s protokom od 20 m<sup>3</sup>/s [3].

Kompenzacijski bazen Gusić polje je najizvodnija akumulacija sustava HES Senj. Ukupni volumen bazena iznosi 1,6 hm<sup>3</sup>, odnosno korisni volumen bazena iznosi 1,5 hm<sup>3</sup>, a služi za potrebe dnevnog reguliranja protoka HE Senj. Bazena je zatvoren popratnim nasipima čija se visina kreće od 2 do 7 m sa širinom krune 2,5 m na koti od 438,20 m n.m. U sklopu desnog nasipa izvedena je preljevna betonska brana koja je opremljena regulacijskom zapornicom širine

14,5 m s protokom kapaciteta 20 m<sup>3</sup>/s. Brana služi za evakuaciju viška vode iz bazena prema ponorima, odnosno u slučaju većih količina voda, zapornica se automatski spušta i regulira nivo vode na koti od 436, 50 m n.m. Za podizanje i spuštanje zapornice koriste se uređaji koji su smješteni u pogonskoj kućici koja se nalazi iznad temeljnog ispusta koji omogućuje potpuno pražnjenje kompenzacijskog bazena Gusić polje [3].

Tunelom Gusić polje – Hrmotine odvođe se vode iz kompenzacijskog bazena Gusić polje do vodne komore. Prema tipu komora pripada raščlanjenim vodnim komorama s asimetričnim prigušivačem i preljevom u gornju komoru [12]. Raščlanjene vodne komore smanjuju maksimalne i minimalne vodostaje, čime se štedi prostor vodne komore, a asimetrični prigušivač stvara pritisak u tunelu za 11,28 m veći nego što bi bio uslijed oscilacije. Takav tip prigušivača uvjetovao je manje dimenzije gornje i donje komore, a pozicioniran je u sjecištu osi donje komore i tunela. Zasunska komora izgrađena je na kraju dovodnog tunela. Glavni element zasunske komore je tablasti zatvarač koji se zatvara uslijed vlastite težine kod ispuštanja ulja iz vlačnog servomotora koji je smješten u pogonskoj kućici. Upravljanje je moguće iz kućice kao i iz strojarnice. U dnu zasunske komore ugrađen je cjevovod za ispust mulja, a iznad njega cjevovod, tj. priključak na Primorski vod. Oba se mogu koristiti prema potrebi uz pomoć sistema koji se nalazi u drenažnoj galeriji. Iznad zasunske komore i strojarnice, položen je tlačni cjevovod. On je izveden kao podzemni cjevovod duljine oko 614 m koji dovodi vodu do razdjelnog cjevovoda iz kojeg se ona račva u tri odvojka pred turbinama strojarnice HE Senj.

### **3.4. STROJARNICA – HE SENJ**

HE Senj čini glavninu hidroenergetskog postrojenja Senj. Nalazi se na obali Jadranskog mora, u blizini podvelebitskog mjesta Sveti Juraj. Kao što je na početku opisano, za ostvarenje ideje o korištenju energetske potencijala rijeka Like i Gacke bila je potrebna izgradnja nasute brane Sklope i akumulacije

Kruščica. U njihovom sklopu su izvedena i tri dovodna tunela s vodnom komorom, tlačnim cjevovodom, strojarnicom i trafopostrojenjem.

Podzemna strojarnica HE Senj smještena je u brdu Stražbenica, a pristup do nje se obavlja prilaznim tunelom dužine 583,45 m. U strojarnici se nalaze 3 Francis turbine snage 98.500 KS (73,45 MW), instaliranog protoka od 20 m<sup>3</sup>/s na koti - 3,40 m n.m. sa srednjom godišnjom proizvodnjom električne energije od 1.170 GWh. Također, u podzemnoj strojarnici su ugrađeni i generatori snage 80 MVA sa svom potrebnom opremom za hlađenje, mjerenje i kontrolu te blok tri transformatora iste snage, tj. 80 MVA. U sklopu razlikujemo tri rasklopna postrojenja: RP 110 kV, RP 220 kV i RP 35 kV. Ona se razlikuju prema naponskoj razini ali i samoj namjeni. Kod evakuacije proizvedene energije koriste se po dva dalekovodna polja iz rasklopnog postrojenja od 110 i 220 kV, a to su: DV Otočac i DV Vrataruša iz RP 110 kV te DV Melina i Brinje iz RP 220 kV. Isto tako, iz rasklopnog postrojenja od 35 kV napajaju se dalekovodna polja Senj i Biluća [13].

HE Senj ima veliku ulogu u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske. Na godišnjoj razini proizvede oko 10% ukupne energije u RH, a također veliki doprinos ima i u vodoopskrbi, što će se posebno objasniti u poglavlju Vodozahvat Hrmatine.

### **3.5. ODVODNI TUNEL OD HE SENJ DO JADRANSKOG MORA**

Iskorištene vode HE Senj odvođe se tunelom potkovastog poprečnog presjeka visine 6,80 m i širine 6,20 m u Jadransko more, na čijem se kraju nalazi izlazna građevina s komorama. Izlaznoj građevini pripada i kratki odvodni kanal širine dna 21,6 m koji je iskopan u plicem obalnom dijelu mora na koti -5 m n.m. [3].

## 4. HIDROENERGETSKI SUSTAV KOSINJ – HE SENJ 2

Od kako je HE Senj u pogonu, registrirano je prelijevanje vode do 400 hm<sup>3</sup>/godišnje [14]. Već tada su napravljena brojna studija o iskorištavanju neiskorištenih potencijala rijeka Like i Gacke te korištenih potencijala u postojećoj HE Senj, na temelju čega je donesena odluka da je idealno rješenje za poboljšanje energetskog korištenja, izgradnja HES-a Kosinj i HE Senj 2.

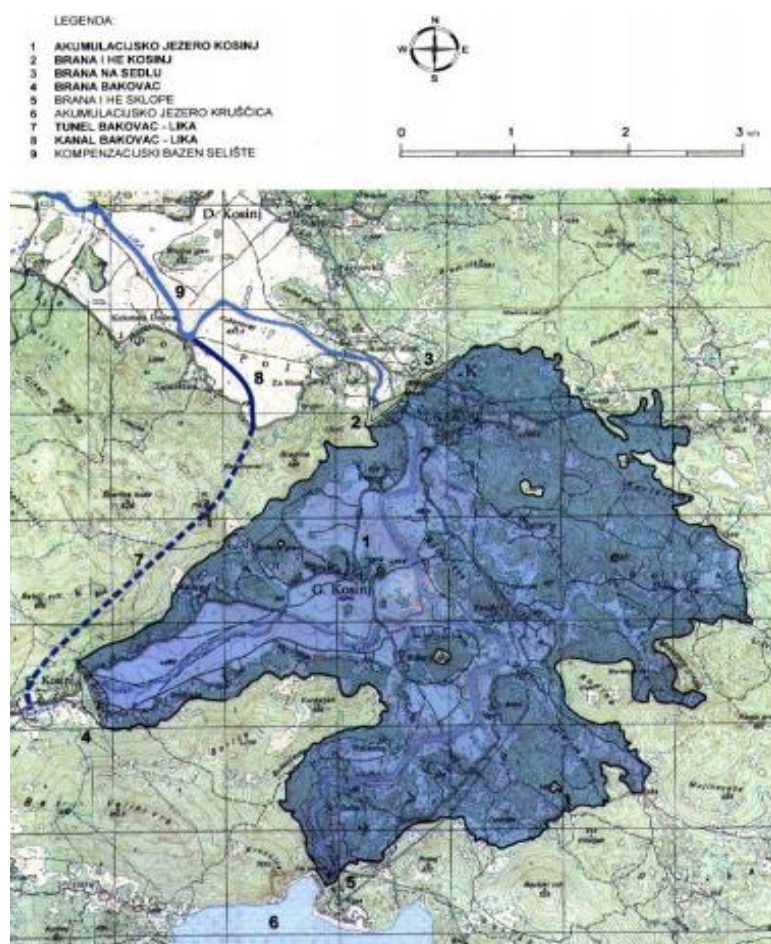
Prvi koraci u izvođenju HEP-ovog projekta započeli su 2020. godine na području Gornjeg Kosinja u sklopu postojećeg HES-a Senj. Realizacija projekta podrazumijeva u potpunosti iskorištavanje hidroenergetskih potencijala na slivovima Like i Gacke kapaciteta 412 MW čime bi se povećala proizvodnja električne energije za 320 GWh [15]. Osim elektroenergetskog sustava, doprinos od realizacije projekta dobit će i vodoprivredni sustav. Time bi se područja Hrvatskog primorja, sjevernojadranskih otoka i podvelebitskog kraja opskrbile zadovoljavajućim količinama pitke vode. Ujedno bi se osiguralo područje Kosinjske doline od daljnjih poplava koje tamo godinama definiraju tempo i dinamiku života (Slika 5).



Slika 5. Poplava u Kosinju [16]

Rok za izgradnju projekta je 6 godina, a samo izvođenje radova planirano je u 2 faze. U prvoj fazi projekta predviđena je izgradnja akumulacijskog jezera Kosinj, brane Kosinj, Sedlo i Bakovac, injekcijske zavjese, HE Kosinj s pratećim objektima, rekonstrukcija postojeće HE Sklope, izvođenje spoja na elektroenergetsku mrežu i dalekovod te izgradnja zamjenskih prometnica [5].

Umjesto brojnih arheoloških lokaliteta, sakralnih, civilnih i ekoloških građevina, na području Mlakve i Gornjeg Kosinja prostirat će se akumulacijsko jezero Kosinj (Slika 6).



Slika 6. Položaj HES Kosinj [17]



Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, s tog područja je potrebno iseliti 180 stanovnika, odnosno 102 kućanstva [18]. Planirana akumulacija izvodit će se nizvodno od akumulacijskog jezera Kruščica, na području veličine oko 1.155 ha. Zbog izgradnje će se potopiti i dio lokalnih cesta na kojima se već uvelike radi, odnosno na rekonstrukciji postojećih i izgradnji zamjenskih (Slika 7 i 8). Maksimalna dubina jezera iznosit će 45 m, odnosno prosječna oko 29 m, što će zajedno s akumulacijskim jezerom Kruščica činiti ukupni volumen od 480 mil. m<sup>3</sup> [17].



Slika 7. Izgradnja prometnice u naselju Studenci do HE Sklope



Slika 8. Izgradnja prometnice kod postojeće HE Sklope do naselja Studenci

Za ostvarenje akumulacijskog jezera Kosinj potrebna je izgradnja nasutih brana Kosinj, Sedlo i Bakovac. Izgradnjom brane Kosinj pregradit će tok rijeke Like 6 km nizvodno od brane Sklope. Glavne karakteristike buduće brane su: kruna brane na koti od 533 m n.m, dužina 385 m, visina 58 m i širina brane od 10 m. Na lijevom kraju smjestit će se preljev s brzotokom kojemu je zadaća da omogući evakuaciju 10.000 godišnjeg vodnog vala iz akumulacijskog jezera Kosinj, dok je na desnoj strani planiran temeljni ispust tunelskog tipa koji za zadaću ima pražnjenje jezera [17]. Branom Sedlo tj. branom na Sedlu pregradit će se prirodno sedlo s desne strane brane Kosinj na koti od 533 m n.m. Predviđena je dužina brane od 300 m, visina 13,20 m i širina 8 m. Branom Bakovac pregradit će se dolina istoimenog potoka na koti od 553 m n.m. U tom

će se slučaju vode potoka Bakovac prevoditi do Like, odnosno do kompenzacijskog bazena Selište uz pomoć tunela i kanala Bakovac - Lika. Dužina brane Bakovac iznosit će 444 m, visina 47,90 m, a širina 11 m. Uz navedenu branu i akumulacijsko jezero Kosinj planiraju se izvesti injekcijske zavjese čime bi se spriječila moguća prodiranja vode ispod brane [17].

Uz branu Kosinj smjestit će se pribransko postrojenje HE Kosinj. Za proizvodnju električne energije koristit će vode rijeke Like koje će se ispuštati iz akumulacijskog jezera Kosinj do kompenzacijskog bazena Selište. Gradnjom HE Kosinj s Kaplanovom turbinom i dva agregata od 11,5 i 22 MW ostvarit će se godišnja proizvodnja električne energije od 47.089 MW, a s rasklopnim postrojenjem od 110 kV spojiti će se s dva dalekovoda: TS Otočac i TS Lički Osik.

Za daljnji rad HE Sklope potrebno je provesti rekonstrukciju postojećih objekata, a to podrazumijeva: nadvišenje objekta strojarnice 3 m više od maksimalne razine u jezeru Kosinj, zamjena postojećih turbina novom Kaplanovom, izrada novog pristupnog mosta na plato strojarnice koji će voditi do šahta temeljnog ispusta koji se također treba izdignuti, izrada novog preljeva te zamjena postojećeg rasklopnog postrojenja i sustava za upravljanje.

U drugoj fazi projekta predviđena je izgradnja kompenzacijskog bazena Gusić polje 2 uz postojeći bazen, zajedno s dotokom vode iz kanala Marasi pomoću razdjelne građevine koja će omogućiti raspodjelu dotoka u oba bazena. Također, projekt zahtjeva izgradnju HE Senj 2 koja će se izvesti sjeveroistočno od HE Senj s pratećim objektima, tj. tlačnim tunelom i cjevovodom te vodnom i zasunskom komorom, odvodnim tunelom za odvod energetski iskorištene vode iz strojarnice u more i na kraju spojem na elektroenergetsku mrežu pomoću kablenskog rova od postojećeg rasklopišta do rasklopnog postrojenja u podzemnoj strojarnici HE Senj 2.

## 5. VODOOPSKRBNI ZAHVAT HRMOTINE

Izgradnja hidroenergetskog ili vodovodnog sustava ovisi o prirodnim uvjetima, odnosno ona nije moguća na mjestu koje ne obitava prirodnim čimbenicima. Vodovodni sustav obuhvaća građevinu za zahvat vode na različitim nalazištima, uređaj za kondicioniranje tj. poboljšanje kvalitete vode, vodospreme u kojima se voda skuplja u dijelovima dana kada je potrošnja najmanja i instalacija koje služe da se voda razvodi do krajnjih potrošača. U radu će se prikazati vodozahvat Hrmotine koji kao glavni i jedini izvor za vodoopskrbu od Grada Senja do Karlobaga, te otoke Pag i Rab koristi dio voda hidroenergetskog sustava Senj, sustava koji prikuplja vode rijeka Like i Gacke.

Ovaj zahvat pitke vode sastoji se od objekata hidroenergetskog sustava Senj, ulazne građevine u akumulaciji Gusić polje, hidrotehničkog tunela Gusić polje – Hrmotine i taložnice mulja koja se nalazi na ulazu u tunel, dovodnog cjevovoda i dva uređaja za kondicioniranje vode (pročistač) Hrmotine [19]. Iz hidrotehničkog tunela uzima se ubodnom cijevi do 600 l/s vode za potrebe vodoopskrbe (Slika 9). Nakon toga voda se dijeli na dva dijela. Veći dio vode do maksimalnih 530 l/s odlazi prema pročistaču Vodovoda Hrvatsko primorje – južni ogranak, a manji dio vode do maksimalnih 70 l/s prema pročistaču GKD Komunalac Senj [20].



Slika 9. Ubodna cijev u hidrotehničkom tunelu [20]

Prva postaja do koje dolazi voda iz hidrotehničkog tunela je sabirnica sirove vode, a u slučaju pročištača za potrebe Vodovoda Hrvatsko primorje – južni ogranak, sabirnica sadrži do 250 m<sup>3</sup> vode na koti od 407 m n.m. Iz sabirnice voda odlazi u razdjelnu komoru koja omogućava raspodjelu vode za procese koagulacije, flokulacije, filtracije i dezinfekcije klorom. Na kraju pročišćavanja, voda odlazi u sabirnicu čiste vode kapaciteta do 1.000 m<sup>3</sup> na koti od 395 m n.m.

Proces koagulacije i flokulacije upotrebljava se za uklanjanje koloidnih disperzija iz vode koje nastaju nakon otapanja snijega i uslijed obilnih kiša. Prvo nastupa kemijski postupak koagulacija. Procesom se neutraliziraju negativni naboji na površini čestica koloida i to dodatkom koagulanta aluminijevog sulfata kemijske formule  $Al_2(SO_4)_3$ . Bez procesa koagulacije ne može nastupiti proces flokulacija, kod koje se povezuju neutralizirane koloidne čestice u veće nakupine (flokule). Ova dva procesa koriste se samo u slučaju kada je mutnoća sirove vode

pojačana, odnosno kad je mutnoća vode iznad 10 °NTU. U tom slučaju voda odlazi direktno u proces filtracije.

Filtriranje je proces kojim se uklanjaju flokule nastale za vrijeme flokulacije sirove vode. Izvodi se u 5 filtarskih polja pomoću samoperivih gravitacijskih filtera koji su obično ispunjeni kremenim pijeskom, a rijetko antracitom i vapnenačkim pijeskom. Filteri su čelične konstrukcije promjera do 8 m, kapaciteta od 110 l/s (Slika 10). Rade automatski što znači da se kod određenog stupnja začepljenosti ispune prekida proces filtracije i dolazi do automatskog ispiranja filtra vodom koji traje do 15 min. Nakon toga filter se automatski uključuje u rad, a voda odlazi u sabirnicu čiste vode.



Slika 10. Gravitacijski filteri [21]

Godine 2014. izgrađen je i 6. filter za obradu vode koji funkcionira na principu membranske ultrafiltracije. Filterom se pročišćuju vode od mogućih bakterija, parazita i mutnoće bez dodavanja kemikalija te paralelno s ostalih pet filtera puni sabirnicu čistom vodom. Prije upuštanja u gravitacijski sustav

vodovoda vrši se dezinfekcija vode plinovitim klorom koji se nalazi u čeličnim bocama od 50 l.

Vodovod Hrvatsko primorje – južni ogranak nema vlastitu vodovodnu mrežu prema krajnjim potrošačima, već isporučuje pročišćenu vodu drugim komunalnim društvima: Vrelo – Rab, Komunalije – Novalja, KD Pag- Pag, Crno vrilo – Karlobag, GKD Komunalac – Senj [20].

Kod pročištača za potrebe GKD Komunalac Senj voda prolazi kroz kanal za dodavanje sredstva za koagulaciju ali koji se ne koristi, već sama rešetkasta struktura smiruje vodu. Nakon toga voda odlazi na proces filtracije kroz tri filtarska polja kapaciteta do 30 l/s. Uvijek su aktivna dva filtra, dok treći služi kao rezerva. Za razliku od filtera kod pročištača za Vodovod Hrvatsko primorje – južni ogranak, kod ovi se dotok vode regulira ručno. Nakon filtriranja voda odlazi u bazen gotove vode, a po izlasku iz bazena vrši se dezinfekcija iste. GKD Komunalac Senj osim Vodozahvata Hrmatine za potrebe svojih korisnika koristi i zahvat izvora u Senjskoj Dragi.

## 6. ZAŠTITA VODA

Voda čini više od 70% površine Zemlje. Ona predstavlja osnovni sastojak svih živih organizama, pa tako u nekima čini do 99% njihove mase, dok u čovjeka oko 70% [22]. U našim životima ima veliku ulogu, tj. voda nam je prijeko potrebna za život i održavanje života. U svakodnevnom životu vodu iskorištavamo kao resurs pa nam je tako od značaja u kućanstvu, proizvodnji, izgradnji, kod prometne mreže itd. Drugim riječima, voda je prisutna u svakom segmentu našeg života. Međutim, svakim prekomjernim iskorištavanjem i onečišćenjem vode smanjuje se njena kvaliteta i dostupnost što ostavlja negativne posljedice na zdravlje i život svih onih koji ovise o istoj. Da bi i dalje mogli uživati u čistoj vodi, potrebno je upravljati kvalitetom vode kako bi se zaustavila, tj. zaštitila daljnja i smanjila buduća onečišćenja.

Svaka država provodi zaštitu voda sukladno svome zakonodavstvu, pa je tako u Hrvatskoj temeljni dokument za zaštitu voda „Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta“ kojim su propisane zone i mjere sanitarne zaštite [24]. Određivanje pojedine zone i odgovarajućih mjera provodi se na temelju vodoistražnih radova. Njima se utvrđuju postojanja, rasprostiranja, količine, kakvoća i pokretljivost voda na određenom prostoru [23]. Zone i mjere sanitarne zaštite donose se za podzemne vodonosnike i površinska izvorišta te se samim time bitno razlikuju. Podzemne vodonosnike dijelimo na: vodonosnike s međuzrnskom poroznosti i vodonosnike s pukotinskom i pukotinsko - kavernožnom poroznosti, a površinska izvorišta na: vodozahvate iz akumulacija i jezera, te otvorenih vodotoka. U nastavku rada objašnjeni su prostori koji se nalaze na utjecajnom području HE Senj, a koji su zaštićeni s osnove vodoopskrbe. To se odnosi na izvor Gacke, vodozahvat Hrnotine i Novljansku Žrnovnicu.



## 6.1. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – RIJEKA GACKA

Slivno područje rijeke Gacke pripada vodonosnicima s pukotinskom i pukotinsko – kavernošnom poroznosti, a karakteristike tih vodonosnika su: prostrani slivovi, velike brzine podzemnih tokova koji prolaze kroz nepravilne pukotinske sustave, povezanost površinskih i podzemnih voda, te pojavljivanje stalnih ili povremenih izvora. Zone sanitarne zaštite izvorišta za tu vrstu vodonosnika dijele se u četiri zone [24]:

- IV. zona: ZONA OGRANIČENJA
- III. zona: ZONA OGRANIČENJA I NADZORA
- II. zona: ZONA STROGOG OGRANIČENJA I NADZORA
- I. zona: ZONA STROGOG REŽIMA ZAŠTITE I NADZORA

Navedene zone donesene su za Tonković vrilo i vrilo Klanac, dok je Majerovo vrilo određeno sa IV., III. i II. zonom sanitarne zaštite izvorišta.

Zona ograničenja ili IV. zona sanitarne zaštite podrazumijeva slivno područje koje se nalazi izvan III. zone s mogućim tečenjem podzemne vode za vrijeme velikih voda. To znači da je moguće tečenje vode do izvorišta u razdoblju od 10 do 50 dana uz prividnu brzinu koja je manja od 1 cm/s [25]. U toj zoni zabranjuje se ispuštanje nepročišćenih otpadnih tvari, građenje objekata koji ispuštaju opasne tvari, uporaba, obrada i odlaganje opasnog otpada, uskladištenje radioaktivnih i za vodu opasnih tvari, građenje cjevovoda za tekućine koje su opasne za vodu, izvođenje istražnih i eksploatacijskih bušotina za naftu, zemni plin, radioaktivne tvari i izrada podzemnih spremišta, eksploatacija mineralnih sirovina, upotreba tvari za potrebe gradnje koje su opasne za vodu, te gradnja prometnica bez sustava kontrolirane odvodnje [24]. Da bi se područje zaštitilo od mogućih onečišćenja potrebno je provoditi mjere zaštite na način da se odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda koja nije javna odvodnja, rješava na vlastitom uređaju koji je u skladu s važećim propisima ili da se voda skuplja u nepropusnu sabirnu jamu. Također, potrebno je onečišćene oborinske vode s radnih, manipulativnih i parkirališnih površina prihvatiti

nepropusnom kanalizacijom koje se nakon pročišćavanja mogu priključiti na sustav javne odvodnje ili se mogu ispustiti u skladu s važećim propisima, kao i koristiti prijevoz otpadnih voda. Uz to, mjerama je predloženo da se sve devastirane površine uz zaštićena područja moraju urediti i ozeleniti [25].

Zona ograničenja i nadzora ili III. zona sanitarne zaštite odnosi se na podzemne tokove iz kojih se prihranjuju izvorišta. U toj zoni je karakteristično trajanje podzemnog toka do 10 dana za vrijeme velikih voda uz prividnu brzinu do 3 cm/s, a ono zahvaća područje Trnavca, Čanka i Kozjana. Za tu zonu su određene sljedeće zabrane: skladištenje i odlaganje otpada, podzemna i površinska eksploatacija (osim geotermalnih i mineralnih voda), građenje cjevovoda za transport tekućina koje mogu izazvati onečišćenje voda bez propisane zaštite, te izgradnja benzinskih postaja bez spremnika s dvostrukom stjenkom, uređajem za automatsko detektiranje i dojavu propuštanja te zaštitnom građevinom [26]. Mjere koje su propisane za to područje uključuju kontroliranu upotrebu gnojiva i pesticida, izgradnju obodnih kanala kojim će se spriječiti dotok vanjske vode u prostore koji su namijenjeni za držanje stoke i peradi, a koje ujedno moraju biti natkriveni. Također, mjere uključuju obavljanje aktivnosti koje su vezane uz gospodarenje šumama, a one se mogu obavljati u skladu s donesenim mjerama zaštite voda isključivo u sušnom periodu i uz prijavu kod nadležnih služba za vodno gospodarstvo [25].

Zona strogog ograničenja i nadzora je II. zona sanitarne zaštite izvorišta koja obuhvaća zaleđe izvorišta Tonkovića vrila, Majerovog vrila, vrila Klanac i jednog dijela Vrhovinskog polja [25]. Voda iz tih područja dotječe do crpilišta u razdoblju kraćem od 24 sata s prividnom brzinom tečenja većom od 3 cm/s. Na tom se dijelu zabranjuje izgradnja pogonskih objekata koji koriste otrovne tvari, građenje drugih građevinskih objekata koji također mogu negativno utjecati na kakvoću vode, transport opasnih tvari, ispuštanje otpadnih voda s prometnica, proizvodnja poljoprivrede (osim ekološke proizvodnje bez upotrebe pesticida i gnojiva), postojanje reciklažnog dvorišta i pretovarne stanice za otpad [24]. Mjere koje se određuju za ovu zonu iste su kao kod III. zone. Uz te mjere potrebno je i

vršenje rekonstrukcije prometnica u skladu s propisima, te ograđivanje i označavanje II. zone sanitarne zaštite izvorišta na onim područjima koja se nalaze unutar granica IV. i III. zone, tj. onih područja koja obitavaju ponorima i ponornim zonama.

Zona strogog režima zaštite i nadzora je I. zona sanitarne zaštite izvorišta koja obuhvaća neposredno naplavno područje zahvata vode, izvor vodonosnika, kaptažu, crpne stanice, uređaj za kondicioniranje vode, građevine za pogon, održavanje i čuvanje, uključivo i mjesta umjetnog napajanja vodonosnika. Ovisno o veličini naplavne površine, zona se može podijeliti u IA. i IB zonu. Zona IA. odnosi se na neposredno područje vodozahvata za potrebe vodoopskrbe, odnosno na područje Tonkovića vrila koje mora biti ograđeno, dok IB. zona obuhvaća neposredno zaleđe Tonkovića vrila i vrila Klanac [25]. Na tim su područjima zabranjene sve aktivnosti osim onih koje su vezane uz zahvaćanje, kondicioniranje i transport vode u vodoopskrbni sustav. Za uređenje područja IA. zone potrebno je provesti oborinske i otpadne vode pomoću kanalizacije, te graditi i održavati građevine i sadržaje koji se nalaze unutar zona s najvišim stupnjem sigurnosti, dok je kod IB. zone potrebno provesti otpadne vode pomoću kanalizacije ili skupljanjem u nepropisnu sabirnu jamu, odvoditi onečišćenje oborinske vode s uređenih parkirališnih površina većih od 100 m<sup>2</sup> i postaviti oznake ograničenja u prometu. Navedene mjere u zoni strogog režima zaštite i nadzora provodi korisnik izvorišta [25].

## **6.2. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – VODOZAHVAT HRMOTINE**

Vodozahvat Hrmotine pripada površinskom izvorištu koji zahvaća vode iz akumulacija i jezera. Za taj tip vodonosnika propisane su tri zone sanitarne zaštite, a za izvorište Hrmotine određene su II. i I. zona [24]:

- III. zona: ZONA OGRANIČENJA I NADZORA
- II. zona: ZONA STROGOG OGRANIČENJA I NADZORA
- I. zona: ZONA STROGOG REŽIMA ZAŠTITE I NADZORA

II. zona donosi se u svrhu zaštite akumulacije ili jezera od onečišćenja koje donose stalni ili povremeni dotoci, a u slučaju izvorišta Hrmotine, ona obuhvaća kanal Marasi i akumulaciju Gusić polje (osim ulazne građevine). Na tom se području zabranjuje poljoprivredna proizvodnja (ne odnosi se na ekološku proizvodnju), ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda, građenje prometnica bez zatvorenog sustava odvodnje, prijevoz opasnih tvari državnom cestom D50 Žuta Lokva – Otočac do njene rekonstrukcije, građenje cjevovoda za tekućine koje mogu ugroziti kakvoću vode, korištenje svih vrsta plovila, sportova na vodi, kupanje, ribolov i uzgoj ribe. Mjere koje su utvrđene za tu zonu podrazumijevaju prihvat oborinskih voda državne ceste D50 Žuta Lokva – Otočac koja mora imati bočne branike, te prometne znakove koji upućuju na ograničenje brzine i vodozaštitnu zonu, na dionici preko dovodnog kanala Marasi uz pomoć nepropusnih kanalizacija i drugih tehnologijama koje imaju isti učinak, preusmjerenje prometa opasnim tvarima na autocestu A1, postavljanje znakova zabrane javnog prometa vozila (osim za potrebe HEP-a) do objekta HEP-a, redovito održavanje i čišćenje sifona uz preljevnu građevinu povremenog toka sjevernog kraka vodotoka Gacke ispod kanala Marasi i postavljanje ploče s oznakom zabrane korištenja svih vrsta plovila, ribolova, sportova na vodi kao i kupanja na području akumulacije Gusić polje [19].

Zona strogog režima zaštite i nadzora propisuje se za zaštitu akumulacija, jezera, brana i ostalih pribranskih objekata i postrojenja. U ovome slučaju, odnosi se na jugozapadni dio akumulacije Gusić polje s ulaznom građevinom u dovodni hidrotehnički tunel Gusić polje – Hrmotine, taložnicu mulja na ulazu u isti tunel i uređaja za kondicioniranje voda Hrmotine. Nabrojani objekti ograđeni su i označeni kao I. zona sanitarne zaštite kojom se zabranjuju sljedeće aktivnosti: građenje svih objekata i obavljanje bilo kakve aktivnosti osim onih potrebnih za zahvaćanje, kondicioniranje i transport vode u vodoopskrbni sustav, upotreba pesticida i gnojiva, korištenje otpadnih voda, javni promet, držanje i napajanje stoke, korištenje svih vrsta plovila, sportova na vodi, kupanje, ribolov i uzgoj ribe [24]. Mjere utvrđene za I. zonu podrazumijevaju postavljanje ploče s oznakom zone na zaštitnu ogradu objekta HEP-a kod ulazne građevine u hidrotehnički tunel Gusić polje – Hrmotine i uređaja Hrmotine, najava radova svim korisnicima

izvorišta u slučaju redovitog održavanja objekta HE Senj i odstranjivanje vode koja se koristila kod pranja ulazne građevine i taložnice sustava HE Senj uz pomoć pumpe za mulj ili drugih uređaja [19].

### **6.3. ZONE SANITARNE ZAŠTITE – NOVLJANSKA ŽRNOVNICA**

Vode Like i Gacke završavaju jednim dijelom u sustavu HE Senj, a drugim poniru u prirodnim ponorima. Trasiranjem podzemnih tokova ovih rijeka ustanovljena je njihova povezanost s brojnim izvorima [20]. Najveće koncentracije izviranja registrirane su na području Jurjevske i Novljanske Žrnovnice. Jurjevska Žrnovnica nalazi se desetak km južno od Senja i ističe se po brojnim i jakim izvorima te vruljama. Međutim, najveće izvorište obalnog područja predstavlja izvorište Novljanska Žrnovnica. Ono je smješteno nedaleko Povila (na izlazu iz Novog Vinodolskog u smjeru Senja) te kao glavno crpilište za područja Novi Vinodolski, Crikvenica, Selce i okolnih općina omogućuje vodoopskrbu u količini od oko 240 l/s. Vodozahvat na tom crpilištu postoji od 1932. godine kada je bio kaptiran samo jedan od izvora, dok danas obuhvaća tri kaptaže koje zahvaćaju oko 400 l/s vode: Stara i Nova Kaptaža te Čardak. Zahvaćene vode preusmjeravaju se u sabirni bazen odakle se „usisavaju“ crpkama u strojarnicu.

Izvorište Novljanska Žrnovnica čini zahvat podzemne vode iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko – kavernožnom poroznosti. Područje je zahvaćeno sa četiri zone sanitarne zaštite, uključujući podjelu I. zone na IA. i IB, te na tom području djeluju iste zabrane i mjere zaštite kao kod izvora Gacke [24].

## 7. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući potencijalima ponornica Like i Gacke, kompleks cijelog hidroenergetskog sustava Senj ostvaruje oko 10% ukupne godišnje proizvodnje električne energije i oko 20% električne energije proizvedene u hidroelektranama [27]. Za povećanje tog postotka, tj. kako bi se povećala snaga u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske, potrebno je iskoristiti neiskorištene potencijale rijeka Like i Gacke, a to će se ostvariti izgradnjom HES-a Kosinj, odnosno HE Senj 2. Tim projektom osigurati će se novih 320 GWh/god. električne energije, čime će se ostvariti ukupni kapacitet na slivovima Like i Gacke od 656 MW i 1,5 TWh/god. proizvodnje električne energije [15]. Ujedno će se projektom smanjiti i poplave na području Kosinjske doline koje godinama definiraju tempo i dinamiku života svojih sumještana.

Također, vode slivnog područja rijeka Like i Gacke imaju veliki doprinos i u vodoopskrbi. HE Senj je jedini izvor vode koji koristi vodozahvat Hrmotine. Vodozahvat zahvaća do 600 l/s vode koja se raspoređuje na dva vodoopskrbna sustava. Veći dio vode odlazi za potrebe Vodovoda Hrvatsko primorje – južni ogranak, a manji dio za potrebe GKD Komunalac Senj odakle se voda isporučuje prema krajnjim korisnicima. Izgradnjom HES-a Kosinj i HE Senj 2, osigurat će se sigurnija i kvalitetnija vodoopskrba, što znači da će krajnji potrošači dobivati vodu izravno s izvora Gacke koja je kvalitetnija od one koja se trenutno zahvaća iz kompenzacijskog bazena Gusić polje. To je potpisano sporazumom o suradnji na rješavanju vodoopskrbe za područje Hrvatskog primorja, te otoka Pag i Rab , između predsjednika HEP-a, direktora Vodovoda Hrvatsko primorje – južni ogranak i direktora Hrvatskih voda [29].

Iako se Gacka odlikuje kao čista i bistra voda koja se zbog toga nalazi na 2. mjestu u Europi po kvaliteti vode za piće [28], izvorišta koja se koriste za vodoopskrbu zaštićena su zonama sanitarne zaštite. Nažalost, raznim antropogenim utjecajima poput nekontroliranog odlaganja otpada i korištenja

vodnih resursa ili unošenjem opasnih tvari, dovodi se u pitanje degradacija kakvoće vode pa su iz toga razloga određene zabrane i mjere za preventivnu zaštitu i očuvanje iste.

## LITERATURA

- [1] Hidroelektrana Sklope. Prospekt.
- [2] Hidro consult (2001): Vodoopskrbni plan Ličko-senjske županije. Dostupno na: <https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/licko-senjska.pdf>. Datum pristupa: 3.5.2021.
- [3] Elektroprojekt (1971): Vodoprivredna osnova slivova Like i Gacke, knjiga 8.
- [4] Bonacci. O., Andrić. I. (2009): Zajednička hidrološka analiza Like i Gacke. Hrvatske vode, 17 (67), str. 1-12.
- [5] Hrvatski energetske projekti (2018): Hidroenergetski sustav Kosinj – HE Senj 2, str. 52-58.
- [6] Gacko polje. Dostupno na: <https://zop-lsz.hr/gacko-polje/>. Datum pristupa: 30.3.2021.
- [9] Pavičić. A., Renić. A. (1995): Gospodarenje podzemnim vodama Hrvatske. Utjecaj ličkih ponornih voda na priobalne izvore. 1. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 1995. Str. 23-29. Dostupno na: [https://www.voda.hr/sites/default/files/1.\\_hrvatska\\_konferencija\\_o\\_vodama\\_-\\_knjiga\\_2.compressed.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/1._hrvatska_konferencija_o_vodama_-_knjiga_2.compressed.pdf) . Datum pristupa: 5.5.2021.
- [8] Elektroprojekt (2012): HE Kosinj, Studija o utjecaju zahvata na okoliš.
- [9] Dostupno na: <http://www.vodovod-hrvatsko-primorje.hr/izlozba/pano-3/>. Datum pristupa: 30.3.2021.
- [10] Dostupno na: <https://www.lika-online.com/pozar-na-he-sklope-u-gornjem-kosinju-gasi-devet-vatrogasnih-vozila-zbog-dima-onemogucen-ulaz-u-samo-postrojenje-2/> . Datum pristupa: 30.3.2021.
- [11] Borčić. D. (1966): Ostali građevinski objekti: Brana Selište. HE Senj, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1966. Str. 16-33.
- [12] Hrvatski energetske projekti (2005): Pravilnik za upravljanje hidroenergetskim sustavom HE Senj.



- [13] HE Sklope. Dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-sklope/1541>. Datum pristupa: 3.4.2021.
- [14] Elektroprojekt (1984): Studija optimalnog korištenja voda u slivovima rijeka Like i Gacke, knjiga 5.
- [15] Hidroenergetski sustav Senj 2. Dostupno na: <https://www.hep.hr/projekti/hidroenergetski-sustav-senj-2/247>. Datum pristupa: 5.4.2021.
- [16] Dostupno na: [U Kosinjskoj dolini vodostaj i dalje raste - tportal](#). Datum pristupa: 5.4.2021.
- [17] Elektroprojekt (2016): HES Kosinj, Studija o utjecaju na okoliš HES Kosinj.
- [18] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Popis 2011. Popis stanovništva, kućanstva i stanova 2011. Statistička izvješća. Zagreb, 2011.
- [19] Odluka o zaštiti izvorišta Hrmotine, Županijski glasnik Ličko-senjske županije, br.19/2014.
- [20] Biondić. R., Biondić. B., & Meaški. H. (2013): Zone sanitarne zaštite Vodozahvata Hrmotine. Arhiv Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin.
- [21] Dostupno na: <http://www.vodovod-hrvatsko-primorje.hr/hrmotine/>. Datum pristupa: 19.4.2021.
- [22] Voda. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=65109> . Datum pristupa: 12.5.2021.
- [23] Narodne novine NN 55/02 (2002): Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta.
- [24] Narodne novine NN 66/11 (2011): Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta.
- [25] Odluka o zonama sanitarne zaštite izvorišta rijeke Gacke – Tonkovićevog vrila, Majerovog vrila i vrila Klanac, Županijski glasnik Ličko-senjske županije, br. 23/2010.

[26] Narodne novine NN 47/13 (2013): Pravilnik o izmjenama pravilnika o uvjetima utvrđivanja zona sanitarne zaštite izvorišta.

[27] HE Senj. Dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-senj/1540> . Datum pristupa: 17.5.2021.

[28] Zeleni biseri Hrvatske. Rijeka Gacka – ljepotica jedinstvene boje opala. Dostupno na: <https://hkm.hr/zeleni-biseri/rijeka-gacka-ljepotica-jedinstvene-boje-opala/> . Datum pristupa: 25.5.2021.

[29] HEP Vjesnik, br. 4/2020. Izgradnja. HES Senj – budući najveći hidroenergetski sustav u Hrvatskoj, str. 7-11. Zagreb, 2020. Dostupno na: [https://www.hep.hr/UserDocsImages//dokumenti/vjesnik/2020//4\\_2020.pdf](https://www.hep.hr/UserDocsImages//dokumenti/vjesnik/2020//4_2020.pdf) . Datum pristupa: 27.5.2021.

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Grafički prikaz minimalnih mjesečnih protoka na vodomjernim postajama Sklope i Vivoze

Slika 2. Grafički prikaz maksimalnih mjesečnih protoka na vodomjernim postajama Sklope i Vivoze

Slika 3. Shema HE sustava – uzdužni profil

Slika 4. HE Sklope

Slika 5. Poplava u Kosinju

Slika 6. Položaj HES Kosinj

Slika 7. Izgradnja prometnice u naselju Studenci do HE Sklope (vlastiti izvor)

Slika 8. Izgradnja prometnice u naselju Studenci do HE Sklope (vlastiti izvor)

Slika 9. Ubodna cijev u hidrotehničkom tunelu

Slika 10. Gravitacijski filteri