

KONRAS D.O.O.

MHE BISERKA

na reci Toplici

generalni projekat



Beograd, jun 2012. god.

MHE BISERKA

na reci Toplici

Generalni projekat

Sadržaj

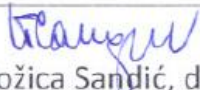
- I. UČESNICI U IZRADI DOKUMENTACIJE;
- II. PROJEKTNII ZADATAK
- III. TEHNIČKI DEO PROJEKTA
 1. Uvod
 2. Postojeća investicionotehnička i planska dokumentacija
 3. Terenska opservacija
 4. Projektni kriterijumi i ograničenja
 5. Podloge projekta
 - 5.1. Topografske podloge
 - 5.2. Hidrologija
 - 5.3. Geologija, inženjerska geologija i hidrogeologija
 - 5.4. Erozioni procesi i nanos
 - 5.5. Vodoprivredne podloge i ograničenja
 6. Tehničko rešenje MHE
 - 6.1. Konceptija i izbor osnovnih tehničkih parametara
 - 6.2. Prikaz tehničkog rešenja – hidrograđevinski deo, tehnički izveštaj, predmer i predračun građevinskih radova
 - 6.3. Hidromehanička i mašinska oprema – izveštaj, proračun i specifikacija
 - 6.4. Elektrotehnički deo projekta – izveštaj, proračun i specifikacija
 7. Investiciona vrednost objekta
 8. Energetske analize
 9. Ekološki aspekti – uticaj MHE na životnu sredinu
 10. Ekonomski deo projekta
 11. Zaključci i preporuke
 12. Predlog aktivnosti za sledeću fazu projektovanja
 13. Grafička dokumentacija.

MHE BISERKA

Na reci Toplici

Generalni projekat

I. UČESNICI U IZRADI DOKUMENTACIJE

Odgovorni projektant koncepcije i hidrotehničkog dela projekta:	 Božica Sandić, dipl. inž. građ. Licenca IKS br. 313 4853 03
Odgovorni projektant za geologiju, inženjersku geologiju i hidrogeologiju:	Dr. Rodoljub Gajić, dipl. inž. geol.
Odgovorni projektant za hidromašinski deo:	Petar Bjegović, dipl. inž. maš. Licenca IKS br. 332 A581 04
Odgovorni projektant za elektrotehnički deo:	Milovan Milić, dipl. inž. el. Licenca IKS br. 350 D258 06
Saradnici:	



Koordinator izrade projekta i šef projektnog tima: Nenad Stojanović, dipl. inž. maš.

I. PROJEKTNI ZADATAK
ZA IZRADU GENERALNOG PROJEKTA MHE BISERKA NA RECI TOPLICI

Projektni zadatak MHE Biserka

UVOD

Reka Toplica je prema planskoj dokumentaciji predviđena za vodosnabdevanje, u koju svrhu je izgrađena akumulacija Selova. Najnižvodniji deo vodotoka je razvijen u nisko položenom aluvijumu, čije obale su naseljene, a plodne površine povoljne za navodnjavanje. U takvom okruženju postoji mogućnost iskorišćenja hidroenergetskog potencijala, koristeći podsticajne mere za korišćenje obnovljivih izvora energije, a uz uvažavanje ostalih vodoprivrednih delatnosti, kao što je poljoprivreda, saobraćajna infrastruktura, postojeći i/ili budući nasipi za odbranu od poplava i sl. U tom kontekstu je potrebno izvršiti analizu mogućeg iskorišćenja hidroenergetskog potencijala dela reke Toplice u području naselja Doljevac.

CILJ IZRADE GENERALNOG PROJEKTA

Osnovni cilj ovog elaborata je da se:

1. Prostudiraju i prikažu sve realne mogućnosti iskorišćenja vodnog potencijala razmatranog područja;
2. Izvrši izbor instalisanog kapaciteta MHE na osnovu količina vode koje se mogu očekivati na mestu vodozahvata, uvažavajući sve pogodnosti i ograničenja u slivnom području;
3. Prikaže dispoziciono tehničko rešenje MHE;
4. Izvrši proračun moguće energetske proizvodnje i njenu valorizaciju;
5. Proračunaju troškovi izgradnje i eksploatacije i
6. Daju osnovni tehno-ekonomski parametri MHE.

Pri izradi ovog projekta voditi računa o uslovima i ograničenjima proisteklim iz zakonske regulative Republike Srbije (količine vode za druge, po Zakonu prioritnije korisnike, veličina garantovanih minimuma, zahtevi zaštićenog prostora itd).

PODLOGE PROJEKTA

Generalni projekat MHE Biserka na reci Toplici uraditi na osnovu planske dokumentacije (Prostorni plan Republike Srbije, Vodoprivredna osnova Republike Srbije, Strategija razvoja elektroprivrede Srbije), postojećih podloga, kao i sledećih podloga koje obezbeđuje Investitor.

Topografke podloge:

Topografske karte razmere 1:25.000 i 1:50.000. slivnog područja, a za mesta objekata MHE topografske karte razmere 1:1.000.

Hidrološke podloge:

Hidrološka studija reke Tolice u profilu zahvata za MHE Biserka.

Geologija, inženjerska geologija i hidrogeologija:

Osnovna geološka karta SRJ sa tumačima razmatranog područja razmere 1:100.000 i listovi razmere 1:25.000 (fotokopije u boji).

Inženjerskogeološke, hidrogeološke i seizmološke karte razmatranog područja odgovarajuće razmere (1:100.000 - 1:200.000).

Dokumentacija o izvedenim istraživanjima terena za različite objekte u razmatranom području, ukoliko su takvi podaci dostupni.

OBIM POSLA I OKVIRNI SADRŽAJ PROJEKTA

Generalni projekat MHE Biserka na reci Toplici obraditi na osnovu raspoloživih i specificiranih podloga, a sastojeće se iz sledećih tematskih delova:

1. Uvod
2. Postojeća investicionotehnička i planska dokumentacija
3. Projektni kriterijumi i ograničenja
4. Podloge projekta
 - 4.1. Topografske podloge: Tehnička rešenja obraditi na raspoloživim topografskim podlogama koje obezbeđuje Investitor.
 - 4.2. Hidrologija: Na bazi hidrološke studije, koja je sastavni deo ovog projekta, dati sve relevantne hidrološke veličine na razmatranim HE profilima (matrice srednjih mesečnih protoka, krive trajanja dnevnih protoka, velike vode različitih verovatnoća pojave, male vode).
 - 4.3. Geologija, inženjerska geologija i hidrogeologija: Analizom postojeće dokumentacije, drugih dostupnih podataka i na bazi rekognosciranja terena, za razmatrano tehničko rešenja dati podatke o geološkoj sredini u kojoj se planiraju objekti i prognozirati inženjerskogeološke i hidrogeološke uslove za izvođenje predviđenih objekata. Dati i potencijalne lokacije pozajmišta materijala za izgradnju objekata MHE.
 - 4.4. Erozioni procesi i nanos: Na bazi postojeće dokumentacije i rekognosciranja terena dati ocenu količine i kvaliteta nanosa koji dospeva do zahvatnih organa MHE.
 - 4.5. Vodoprivredne podloge i ograničenja: Potrebe u vodi za druge korisnike (navodnjavanje, vodosnabdevanje), dati na osnovu postojeće važeće planske dokumentacije (Vodoprivredna osnova Republike Srbije) i zahteva lokalne uprave, kako bi se realno sagledali energetske efekti razmatrane MHE.
5. Tehničko rešenje MHE
 - 5.1. Konceptcija i izbor osnovnih tehničkih parametara: U okviru ove pozicije izvršiti izbor osnovnih parametara MHE (instalirani protok, kota normalnog uspora, kapacitet prelivnih organa, broj i tip agregata).
 - 5.2. Prikaz tehničkog rešenja – tehnički izveštaj

5.2.1. Hidrograđevinski deo: Za izabrano tehničko rešenje dati odgovarajuća rešenja objekata, hidrauličke proračune, tehničku obradu i osnovne grafičke priloge sa predmerom i predračunom radova.

5.2.2. Hidromehanička i elektromašinska oprema: Izvršiti izbor hidromehaničke i elektromašinske opreme sa odgovarajućim opisima, skicama, specifikacijama i koštanjima.

6. Investiciona vrednost: Sagledati ukupne investicije i dinamiku izgradnje. Kroz sagledavanje obima i vrste radova i opreme, dati aktuelne jedinične cene pojedinih radova i opreme, radi formiranja investicione vrednosti.

7. Energetske analize: Dati proračun instalisane snage hidroelektrane, moguću energetske proizvodnju na godišnjem nivou i izvršiti procenu strukture energetske proizvodnje.

8. Ekološki aspekti: Na osnovu analize stanja životne sredine, u prirodnim uslovima i uslovima izgrađenosti MHE, dati ocenu uticaja objekta na okolinu i predložiti mere zaštite.

9. Ekonomski deo: U okviru ekonomske analize, dati strukturu investicija sa dinamikom ulaganja sredstava, operativne troškove, procenu prihoda od prodaje električne energije, specifične investicije i investicioni količnik.

10. Zaključci i preporuke.

11. Grafički prilozi: Dati potreban broj grafičkih priloga, dispoziciono rešenje sa neophodnim presecima. Maksimalno koristiti tipske crteže pojedinih objekata.

12. Predlog aktivnosti za sledeću fazu projektovanja

Dati spisak aktivnosti koje je neophodno realizovati pre ili u toku izrade sledeće faze projektovanja.

INVESTITOR

III. TEHNIČKI DEO PROJEKTA

1. UVOD

Prema planskoj dokumentaciji Republike Srbije (Vodoprivredna osnova Srbije), reka Toplica je predviđena za vodosnabdevanje, zbog čega je u uzvodnom delu ovog vodotoka, u području sela Selova izgrađena istoimena brana i akumulacija. Pregradni profil kontroliše oko 35% slivnog područja u kom se formira prosečan višegodišnji proticaj od oko 3,5 m³/s. Akumulacija Selova ima ukupnu zapreminu od preko 50 miliona m³, koja joj omogućava kontrolu i upravljanje vodama tog dela slivnog područja.

Nizvodno područje reke Toplice, pogotovu njen najnižvodniji deo teče kroz široku Topličku i Južnomoravsku kotlinu, koja je veoma pogodna za razvoj poljoprivrede, naročito povrtarstva, a u neposrednoj blizini su železnička pruga, autoput i magistralni put, što ovom području daje značajan preduslov za razvoj i drugih privrednih grana.

U kontekstu intenzivnijeg razvoja posmatranog područja, uz mogućnost korišćenja podsticajnih mera za prodaju električne energije dobijene iz obnovljivih izvora, Investitor je u saradnji sa opštinom Doljevac prepoznao aktivnost na razvoju projekta male hidroelektrane Biserka, kojom bi se koristion hidroenergetski potencijal reke Toplice kroz izgradnju pribranske hidroelektrane niskog pada.

Osnovna namena ovog Izvoda je pribavljanje osnovnih i neophodnih Mišljenja, Saglasnosti nadležnih državnih i lokalnih institucija, kako bi se razvio projekat male hidroelektrane u svemu saglasno sa pozitivnom zakonskom regulativom i praksom.

2. POSTOJEĆA INVESTICIONOTEHNIČKA I PLANSKA DOKUMENTACIJA

Prema planskoj dokumentaciji, Prostornom planu Republike Srbije i Vpodoprivrednoj osnovi Srbije, na potezu vodotoka koji se razmatra ovim generalnim projektom, nije predviđena izgradnja kapitalnih infrastrukturnih objekata zbog kojih ne bi mogla da se realizuje MHE Biserka. Prema pomenutoj planskoj dokumentaciji, u ovom delu doline, dugoročno je predviđena izgradnja nasipa za zaštitu priobalja, naselja i poljoprivrednog zemljišta od poplava.

3. TERENSKA OPSERVACIJA

Za potrebe izrade generalnog projekta MHE Biserka na reci Toplici izvršen je terenski obilazak područja na kom se planira razvoj projekta i izgradnja male hidroelektrane. Deo reke koja bi se koristila za izgradnju hidroelektrane proteže se neposredno uzvodno od institucije "Dom za odrasla invalidna lica" Doljevac do postojeće pregrade i stare vodenice u reci u području sela Šainovac. U tom području reka je usečena u aluvijum južnomoravske kotline, blago meandrira, a obale su manje ili više obrasle šibljem i vrbama, što obale štiti od erozionog dejstva vode. Na levoj i desnoj strani vodotoka su oranice, livade i neobrađene površine. Rečne terase se

smenjuju, na desnoj i na levoj obali i reka ih plavi skoro svake godine. S obzirom na skroman podužni pad vodotoka u ovom području, oko jednog promila, iskorišćenje hidroenergetskog potencijala treba tražiti u sklopu nasipa za odbranu od poplava i korišćenjem osnovnog rečnog korita, što je pravilo kod ovakve vrste ravničarskih vodotoka.

4. PROJEKTNI KRITERIJUMI I OGRANIČENJA

MHE Biserka je predviđena kao pribransko postrojenje niskog pada. Visinsku razliku koja se koristi za proizvodnju hidroenergije moguće je ostvariti formiranjem pregrade u rečnom toku do nivoa koji formiraju velike vode. Kako se radi o ravničarskom vodotoku na čijim obalama se pretežno nalazi poljoprivredno zemljište i seoska domaćinstva, a neposredno nizvodno je naselje Doljevac, to su i kriterijumi za zaštitu ovog područja različiti. Uobičajeno je da se poljoprivredne površine štite od 5-godišnje velike vode, do izuzetno 25-godišnje, dok se gradovi i veća naselja najčešće štite od 100-godišnje velike vode, kao i objekti male hidroelektrane. Prema Hidrološkoj studiji, koja je urađena za potrebe ovog projekta, velike vode različitih verovatnoća pojave prikazane su u sledećoj tabeli 1.

Tabela 1: Maksimalni proticaji (m^3/s) u funkciji verovatnoće pojave p (%) za profil MHE Biserka, usaglašeni sa Mišljenjem RHMZ Srbije:

P(%)	0,1	1	2	5	10	20	50
Q (m^3/s)	1.473	721	567	401	296	214	119

Iz tabele 1 se može zaključiti da je preliv na betonskoj pregradi potrebno da bude kapaciteta 721 m^3/s , kao i da plato mašinske zgrade treba da bude iznad nivoa koga formira 100-godišnja velika voda nizvodno od MHE.

S obzirom na morfologiju sliva Toplice, njen izrazito ravničarski karakter u području u kom se predviđa MHE Biserka, način formiranja poplavnog talasa, značaj obradivih površina u neposrednoj blizini obala reke, pad koji se formira izgradnjom MHE, kapacitet osnovnog korita Toplice u posmatranom području, projektant je predvideo da se objekti MHE, preliv i slapište, kao i obodni nasipi dimenzionišu na 10-godišnju veliku vodu koja iznosi 296 m^3/s . Naime, osnovno korito Toplice u posmatranom području je kapaciteta oko 150 m^3/s , što znači da u prirodnim uslovima svake druge ili treće godine, velike vode izlaze iz rečnog korita i plave okolne njive i livade. Kako u području u kom se planira izgradnja MHE nema zaštitnih nasipa, to je racionalno i za MHE, a i za okolno područje da se gornja voda za MHE uspori do onog nivoa koji bi ostao u osnovnom koritu reke. Samo na najnižvodnijem delu, u području gde se planira uređenje obala i sportsko-rekreativni centar na desnoj obali, uspor će biti delimično obezbeđen nasipima skromne visine maksimalno do 2 metra na desnoj, odnosno 1,5 m na levoj obali, relativno skromnih dužina. Međusobni razmak nasipa na desnoj i levoj obali Toplice je određen

iskustveno, a i vodeći računa da nasipi budu planirani na području kojem gazduju javna vodoprivredna preduzeća i koja ne mogu biti predviđena za intenzivnu eksploataciju, jer su često plavljena. Osovinski razmak je uzet minimalno 50 m, dok je u pojedinim deonicama iznosi i više od 60 m. Ta proširenja su korisna kao retenzija u malovodnom periodu godine, kako za energetska proizvodnju, tako i za vodoprivrednu delatnost.

5. PODLOGE PROJEKTA

5.1. TOPOGRAFSKE PODLOGE

Generalna dispozicija i makrolociranje MHE Biserka urađeno je na osnovu topografske podloge razmere 1:25.000. Međutim, kako se radi o izrazito ravničarskoj reci, pa samim tim iskromnim dimenzijama objekata, ali sa usporom koji se zbog skromnog podužnog pada reke proteže znatno uzvodno, izvršeno je topografsko snimanje situacionog plana razmere 1:2.000 oko 900 metara rečnog toka, lokacija i kote železničke pruge koja se nalazi u neposrednom okruženju, a naknadno još 4 poprečna profila uzvodno. Za potrebe hidrauličkih analiza snimljeno je ukupno oko 2,5 km toka, koliko se proteže uspor uzvodno od pregradnog mesta, brane i HE Biserka.

5.2. HIDROLOGIJA

Za potrebe izrade projektne dokumentacije MHE Biserka urađena je Hidrološka studija, koja čini celinu sa predmetnim generalnim projektom.

Prikazani su rezultati hidrološke studije u narednim tabelama, a kompletna hidrološka studija se daje kao poseban dokument.

Površina sliva koju kontroliše profil brane MHE Biserka je 2050 km².

Prosečan proticaj 10,3 m³/s.

Unutargodišnja raspodela prosečnog protoka:

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q _{sr} (m ³ /s)	10,8	16,0	21,0	20,9	14,9	8,99	4,29	2,98	3,11	4,36	6,97	9,70

Kriva trajanja srednjih dnevnih proticaja:

P (%)	1	2	5	10	20	30	40	50
Q _{sr, dn} (m ³ /s)	78,1	57,0	36,1	24,1	14,5	9,7	7,0	5,3
P (%)	60	70	80	90	95	98	99	
Q _{sr, dn} (m ³ /s)	4,0	3,1	2,3	1,7	1,4	1,0	0,9	

Minimalni 30-dnevni proticaji:

P(%)	50	80	90	95	98	99
Q (m ³ /s)	1,725	1,13	0,92	0,78	0,66	0,59

Maksimalni proticaji:

P (%)	0,1	1	2	5	10	20	50
Q m ³ /s)	1242	663	534	389	296	214	119

5.3. GEOLOGIJA, INŽENJERSKA GEOLOGIJA I HIDROGEOLOGIJA

1. UVOD

Tokom rekognosciranja ptostora buduće akumulacije i potencijalnog pregradnog mesta na reci Toplici u blizini Doljevca, prikupljeni su podaci sa terena koji su zajedno sa podacima o dosadašnjim istraživanjima prezentovani u ovom izveštaju. Subliminirana je i determinisanana litološka odredba stenske mase, predstavljena morfologija šireg terena istraživanja, kao i opšti podaci o geološkoj građi šireg područja. Sagledani su mogući inženjersko-geološki uslovi neophodni za realizaciju prjekta MHE i postojeća ležišta građevinskog materijala koji je potreban u fazi izgradnje brane.

2. OPŠTI PODACI O ŠIREM PODRUČJU ISTRAŽNOG PROSTORA

Područje istraživanja u geološkom smislu pripada srpsko-makedonskoj geotektonskoj jedinici. U morfološkom pogledu teren se može podeliti na dva velika dela: oblast ravničarskog i brdovitog zemljišta, vezanu za brojne kotline kao što su Toplička, Niška i Leskovačka, i oblast niskog i srednjeplaninskog zemljišta Pasjače, Vidojevice, Seličevica i Babičke gore, koja čini osnovno gorje pomenutih kotlina. Prostorni raspored oba morfološka dela uslovljen je geološkom i tektonskom građom.

Orografski pravci planinskih masiva. kao i pravci glavnih potolina između njih, uslovljeni su isključivo tektonskom građom. Tako su Seličevica i Babička gora horstovi između Niške, Barbeške i Leskovačke potoline. To isto važi i za Topličku potolinu postalu spuštanjem delova terena između Jastrepca na severu i Pasjače i Vidojevice na jugu.

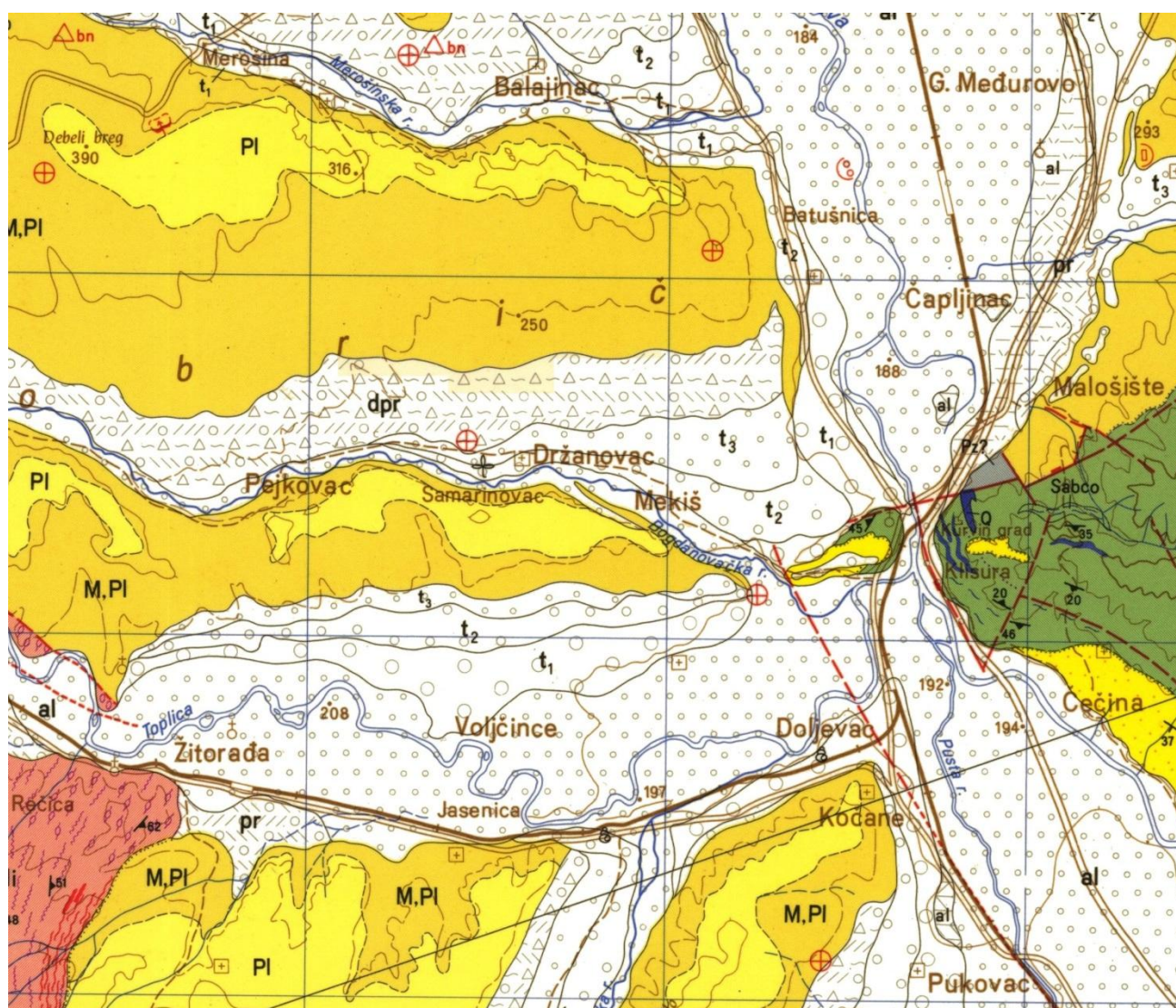
Južna Morava, Toplica, Nišava i njihove pritoke usekle su se, posle povlačenja ili isušivanja jezera, u centralnu jezersku ravan koju su raščlanile na veliki broj dugih i zaravljenih padina. Na taj način, u rastresitim sedimentima centralne ravni stvorene su široke doline sa dobro razvijenim aluvijalnim talozima u kojoj se nalazi i prostor predviđen za branu i izgradnju MHE na reci Toplici.

Svi manji vodeni tokovi ulivaju se u Južnu Moravu i njene brojne pritoke :Jablanicu, Pustu reku, Toplicu, Nišavu i dr. U okviru kristalastih terena hidrografska mreža je dosta pravilno

orijentisana i uslovljena geološkim sklopom. Pripada tipu rešetkaste mreže koja se odlikuje time da su veći tokovi obično paralelni i subparalelni sa pružanjem folijacije dok njihove pritoke teku pod pravim uglom. Velika većina tokova koji dolaze sa kristalastih terena ima zbog neuravnoteženih profila bujičarski karakter, koji se manifestuje stvaranjem dosta velikih plavinskih konusa, ili dubokim usecanjem na delovima kontakta neogen-kristalasti škriljci.

3. GEOLOŠKA GRADJA TERENA NA PODRUČJU MNE

Na užem području istraživane lokacije konstatovane su geološke formacije koje po starosti odgovaraju tercijaru i kvartaru. U okviru tercijara izdvojene su tri kartirane jedinice: donji i srednji miocen (M_{1+2}), miopliocen (M,PI) i sedimenti pliocena (PI). Kvartarne tvorevine na lokaciji MHE Toplica predstavljaju rečne terase t_{1-3} i aluvijalni talozi (al) (slika 1).



Sl.1. Geološka karta šireg područja MRE Doljevac na reci Toplici (OGK 1:100 000)

Srednji miocen (M_{1+2})

Tvorevine ove formacije leže transgresivno preko kristalastih škriljaca donjeg i gornjeg kompleksa ali se u odnosu na njih često nalazi u tektonskom kontaktu, zbog čega su donjomiocenske i srednjomiocenske naslage često otkrivene hipsometrijski visoko iznad mlađih

tvorevina. Serija je veoma heterogenog litološkog sastava. Pored peščara i konglomerata zapažaju se laporci, glinci, tufovi i ređe šljunkovi, peskovi, prašinasti peskovi i peskovite gline. Na osnovu preovlađivanja pojedinih članova, moguće je bilo izdvajanje nekoliko facija sedimenata donjo i srednjo miocenske starosti. To su: facija peščara i konglomerata, facija laporaca sa glinama i tufovima i facija glina i peščara.

Facije peščara i konglomerata najbolje razvijena su na severozapadnom delu terena između sela Bobotnica i Dešilovca, zatim jugoistočno od Niša i na zapadnim padinama Babičke gore.

Šljunkovi i slabo vezani konglomerati javljaju se uvek zajedno sa peščarama i peskovima sa kojima se bočno i vertikalno smenjuju. Po granulomstrijskom sastavu pripadaju grupi eitnoznih konglomerata i šljunkova. Valuci od kojih su izgrađeni ovi slojevi pretežno su od rožniaca, kvarcita i gnajseva dok su u znatno manjoj meri zastupljeni komadi drugih metamornih stena. Na profilima nije zapažena skoro nikakva pravilnost u gradaciji materijala, koji je uz to veoma slabo sortiran, što navodi na pretpostavku da su slojevi taloženi u neposrednoj blizini oblasti spiranja.

Peskovi i peščari ove facije javljaju se u obliku slojeva prosečne debljine 10-20mm, i obično se smenjuju sa glincima. Po petrografskom sastavu peščari pripadaju tipu subgauvaka i grauvara. Grauvarke se nalaze na zapadnim padinama Babičke gore i Seličevce. Kao najviši deo facije šljunkova, konglomerata i peščara shvaćeni su peskovito-laporovite gline i laporci kod sela Mekiša (na putu kod mosta na Tonlici kod Doljevca idući Mekišu). Laporci predstavljaju jedre stene sa pelitomornom osnovnom karbonatnom materijom. Peskovite i laporovite gline se na istom profilu javljaju u obliku slojeva sa ostrim donjim granicama i u smenjivanju sa peskovima odnosno peščarima.

Sortiranost materijala ove facije je različita, zavisno od položaja u odnosu na nekadašnju obalu, kao i od uslova koji su vladali za vreme deponovanja sedimenata. Kod šljunkova i konglomerata vrednosti sortiranja kreću se od 3,56 - 4,56 što ukazuje na taloženje materijala posle kraćeg transporta, bez dužeg pretaložavanja i pri velikim i promenljivim brzinama vodenih tokova. Kod nešto mlađih sedimenata /profil Mekiša/ kao i kod onih koji su se taložili dalje od obale, vrednosti sortiranja su daleko manje /1,81 - 2,96/, što ukazuje na duži transport materijala i manje brzine vodene mase.

Facija laporaca predstavljena je tufitima, peskovito-glinovitim laporcima, laporovitim glinama, prašinastim peskovima, glinovitim alevritima i peskovima..

Sortiranost materijala je dobra što je uslovljeno taloženjem materijala u dubokim i mirnim jezerskim vodama.

Facija glina i peščara sastoji se od crvenih glinovitih peščara, peskovitih glina, glinovitih šljunkova i dr. i ima najmanje rasprostranjenje. U rezimeu o superpoziciji kompleksa donjeg i srednjeg miocena moglo bi se zaključiti sledeće:

- bazalni delovi serije izgrađeni su pretežno od konglomerata i peščara sa bočnim ekvivalentima (ili nešto starijim naslagama) treće opisane facije.
- srednji deo serije karakteriše se izvesnom ritmičnošću koja se odražava smenjivanjima peščara, šljunkova, konglomerata i peskovitih glina, što ukazuje na različite uelove taloženja i

labilnost dna za vreme sedimentacije.

- gornji deo serije izgrađen je od finijeg materijala (glinovitih peskova, peskovitih glina i glina sa ređim proslojcima peskova) što ukazuje na produbljivanje basena i tendenciju smirivanja njegovog dna. Prosečna debljina serije iznosi oko 700 m.

Miopliocen (MPI)

Sedimenti gornjomiocenske-donjopliocenske starosti imaju veliko rasprostranjenje u basenima srednje i donje Toplice. Serija leži transgresivno preko kristalastih škriljaca donjeg i gornjeg kompleksa i preko sedimenata starijeg neogenog kompleksa. Međutim, odnosi prema starijim neogenim stenama najčešće su maskirani i pokriveni mlađim peskovito-šljunkovitim pliocenom (sl.2.)

Starost serije određena je na osnovu brojnih paleontoloških dokaza u različitim delovima basena pa se može reći da je to stratigrafski najbolje determinisani član na istraživanom terenu. Pouzdano su utvrđeni ekvivalenti kako donjo, tako i gornjokongerijskih slojeva.

Formacija je veoma heterogenog litološkog sastava i karakteriše se čestim facijalnim promenama. Glavki litološki predstavnici su slabo vezani peščari, šljunkovi, peskovi, gline, i ugalj, sa brojnim prelaznim varijetetima.

Sedimentološke i facijalne karakteristike donjo i gornjokongerijskih slojeva su veoma složene. Razlikuju se dva horizonta - donji, u kome preovlađuju sedimenti finog zrna (gline, prašinski i sitnozrni peskovi, ugljevit gline i dr.) i gornji, izgrađen pretežno od peskova sa retkim proslojcima peskovitih glina i sočivima šljunkova. Za glinoviti deo karakteristična je horizontalna slojevitost što, pored sastava stena, ukazuje na mirnu sedimentaciju u dubokoj vodi. Za gornji deo profila takođe je karakteristična horizontalna slojevitost ali krupnozrni sastav materijala sasvim sigurno ukazuje na oplicavanje basena.

Debljina ovog dela neogene serije procenjuje se na oko 400m.

Pliocen /PI/

Pliocenski sedimenti leže transgresivno ili preko starije neogenih sedimenata, što je slučaj na lokaciji u reci Toplici, ili preko kristalastih škriljaca. Na osnovu profila u Jugovačkom potoku moglo bi se zaključiti da između njih i mio-pliocenčkih naslaga postoji uglovna diskordancija, ali ovi odnosi nisu tako jasni na ostalim delovima terena. Ipak, na osnovu pomenutih odnosa u Jugovačkom potoku, postojanja kore raspadanja starije od šljunkovito-peskovite serije, kao i opšteg poznavanja paleogeografskih kontura za vreme pliocena, može se uzeti kao najverovatnije da oni pripadaju delu gornjeg pliocena sa prelazom u donji pleistocen. S obzirom da su ova gledišta, bar za sada, u domenu aproksimacija, dotični sedimenti su obeleženi samo kao pliocen.

Serija je izgrađena pretežno od šljunkova i peskova ali se na mnogim mestima, pored višestrukog smenjivanja osnovnih litoloških članova, zapažaju sočiva ili tanki proslojci peskovitih glina, glinovitih peskova, pa čak i pravih glina. Analiziranjem vertikalnih profila različitih lokalnosti dolazi se do zaljučka da udeo klastične komponente uvek raste u vertikalnom pravcu.

Bitna sedimentološka razlika između pliocenskih i starijih neogenih naslaga sastoji se u tome što je kod šljunkovito-peskovite serije klasično izražena kosa, ukrštena pa čak i haotična stratifikacija, dok se starije tvorevine odlikuju pretežno horizontalnom slojevitošću.

Просечна дебљина седимената износи око 80m.

U šljunkovito-peskovitoj seriji akumulirane su redovno male količine podzemnih voda, najverovatnije zbog velikog koeficijenta filtracije. Veće količine podzemnih voda po pravilu se nalaze uvek u dubljim delovima na kontaktu sa glinama, peskovima ili kristalastim škriljcima. U slučaju da se pomenuti kontakti nalaze u nivou ili neposredno iznad površinskih drenaža dolazi do veoma krupnih delapsionih kretanja a u okviru većih ručeva i do pojava razbijenih izvorišta.

Rečne terase (t_{1-3})

Odnosi vertikalnih profila rečnih terasa, u svemu identični sa aluvijalnim talozima, pokazuju da se evolucija dolina u ranijim dinamičkim fazama odvijala na isti način kao kod današnjih aluvijalnih ravni te da teraske forme treba vezivati za određene dinamičke uslove onako kako su oni napred izneti.


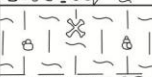
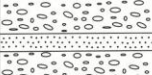



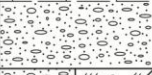

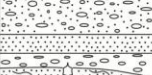
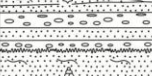

Na stranama rečnih dolina najčešće se zapažaju tri terasna nivoa. U morfološkom pogledu to su tipične rečne terasne zaravni ili eroziono-akumulacionog karaktera (u dnu odseka terase otkriveni su redovno stariji članovi); ili tipično akumulacione forme (odnosi izmenu druge i treće terase na najvećem delu terena) ili pak samo erozione forme bez ikakvih akumulacionih tragova.

Aluvijalni talozi (al)

Aluvijalni talozi imaju veliko rasprostranjenje u dolinama svih jakih i stalnih vodenih tokova /J. Morave, Nišave, Toplice, Puste reke, Jablanice i dr./. Oni se, karakterišu veoma pravilnim rasporedom geoloških članova u vertikalnom smislu. Uzmemo li za primer bilo koji vertikalni profil aluvijalne ravni bilo kojeg od pomenutih tokova, skoro uvek možemo zapaziti da u njegovoj podini leže tipični fluvijalni „šareni“ šljunkovi facije korita, koje ponekad pokrivaju peskovi iste facije. Preko facije korita leže razne prašinaste stene povodanjske facije, sugline, supeskovi, lesolike gline i dr.

Ovakva geološka građa uslovljena je određenim dinamičkim razvojem svakog toka zavisno od stepena uravnotežavanja njegovog uzdužnog profila.

U najvećem delu aluvijalnih ravni Toplice, Nišave i J. Morave dostignuta je zrela etapa perstrativne faze sa izvesnim modifikacijama koje karakterišu ranu fazu konstrativne etape.

Stratigrafska podela			Grafički prikaz	LITOLOŠKI SASTAV	
Sistem	Odeljak	kat			
K V A R T A R	Holocen	Gornji		Vodoplavne terase: šljunkovi, peskovi i sugline	Proluvijum i deluvijum
		Donji			
	Pleistocen	Virm		Prva terasa (10-15m) facije korita i povodnja: šljunkovi, peskovi i sugline sa <i>Elephas primigenius</i> , <i>Equus cabalus</i> i dr.	
		Ris		Submolasa „Čamurlije“: šljunkovi, superskovi i sugline	Druga terasa (25-35m) facije korita i povodnja: šljunkovi, peskovi i sulgine sa <i>Elephas primigenius</i>
		Mindel		Treća terasa (50-60m) facija korita: šljunkovi sa <i>Cyclocipris triebeli</i> i dr.	
	Eopleistocen	Ginc		Četvrta terasa (90-110m): šljunkovi, peskovi i feritizirani u gornjem delu	
		Vilafrank		Peta terasa (150-160m): šljunkovi i peskovi Šesta terasa (200-210m): šljunkovi i peskovi	složeni konus
		Donji Srednji			
	Neogen	Miopliocen	Donji Levant		Rečno- jezerski sedimenti: šljunkovi, peskovi i gline peskovite sa: <i>Pinus</i> , <i>Picaca</i> , <i>Salix</i> i dr.
				Peskovi i gline sa : <i>Congerua Niseana</i> , <i>Ilyocypris gibba</i> i dr.	
				Gline i peskovi „Samarinovca“ sa: <i>Cinamomum polymorphum</i> , <i>Ulmus longipholia</i> , <i>Salix angusta</i> i dr.	

Sl.2. Sintetski geološki stub od miopliocena do holocena na lokaciji MHE (Rakić,1977)

4. INŽENJERSKO-GEOLOŠKI USLOVI IZVOĐENJA MHE

Budući da će postavljanje brane i akumulaciji biti urađeno na podlozi koja je relativno nestabilna jer predstavlja terasni deo koji je sastavljen od šljunkova i peskova neophodno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje plana i profila.

Kako je čitav proctor koji je predviđen za gradnju smestren u aluvijonu, a tok u gornjem delu zaseca terasu 1-3, u ovom poglavlju se neće ponavljati pojedinosti vezane sa sastav kartiranih jedinica jer su one identične.

Aluvijum— Ovi nanosi imaju rasprostranjenje po koritu reke Toplice. Konstatovani su duž celog toka reke. Veće rasprostranjenje imaju u područjima meandriranja reke. Za ove tvorevine, u samim rečnim koritima karakteristično je smenjivanje šljunkovitog i peskovitog materijala. U samom rečnom koritu nalaze se uglavnom dobro isprani šljunkovi i peskovi. Prema GN-200 normama pripada I kategoriji zemljišta. Otkopavanje se vrši lopatom, a po potrebi i ašovom.

Neophodna je izrada vertikalnih istražnih bušotina sa kontinuiranim jezgrovanjem, da bi se dobila potpuna slika o uslovima oslanjanja objekata potrebnih za izradu MHE. Takođe je potrebno ustanoviti vodopropusnu moć stenske mase sa ugradnjom pijazometara radi merenja nivoa podzemnih voda.

5. GRAĐEVINSKI MATERIJALI (agregat za beton, materijal za nasipanje)

U neposrednoj blizini mesta lokacije MHE postoji pozajmište i separacija šljunka i peska koji su idealni za potrebe betoniranja. Transport je zanemarljiv i troškovi minimalni.

6. PREDLOG DALJIH ISTRAŽIVANJA

Za potrebe projektovanja brane na reci Toplici neophodno je da se detaljno utvrde kvalitativni pokazatelji geološkog faktora i da se najbitniji elementi kvantifikuju kroz vrednosti njihovih svojstava (VDP, determinisanje rasednih struktura). Zbog toga je potrebno izvršiti detaljna inženjersko-geološka istraživanja koja treba da definišu u potrebnom stepenu pouzdanosti geotehnički i filtracioni model pregradne brane. Uz obavezno istražno bušenje treba predvideti detaljnu analizu jezgra bušotine u smislu analize mineralnog sastava i fizičko-hemijskih analiza, tj. kompletan laboratorijse ogleda na stenskim monolitima. Jedan kompletan ogled podrazumeva sledeća istraživanja: mineraloško-petrografski sastav, fizička svojstva (zapremina i specifična težina, poroznost, upijanje vode, otpornost na mraz i atmosferilije, čvrstoću i dinamička svojstva i opite na uzorcima tla i utvrđivanje otpornosti na smicanje.

5.4. EROZIONI PROCESI I NANOS

Reka Toplica na sviom putu od vrha Kopaonika do ušća u Južnu Moravu kod Doljevcu, prolazi kroz dva tesnaca, uzvodni iznad Kuršumlije i nizvodni kod Prokuplja. Po izlasku iz nizvodnog, Hisarskog tesnaca, reka krivuda širokom ravnicom Dobriča, na čijem najnižvodnijem delu je predviđena MHE Biserka, kojoj donosi skromne količine uglavnom suspendovanog nanosa. Prema planskoj dokumentaciji, naročito tokom izučavanja erozionih procesa u slivu Velike Morave, na nizvodnom delu reke Toplice nisu predviđeni antierozioni radovi, jer ovaj vodotok donosi Južnoj i Velikoj Moravi skromne količine nanosa. Treba imati u vidu i činjenicu da je uzvodno na ovom vodotoku izgrađena akumulacija Selova, značajnog akumulacionog prostora, u kom je, osim prostora za potrebe vodosnabdevanja, predviđen neprikosnoveni prostor za retenciju poplavnog talasa, kao i prostor za deponovanje nanosa. Ovaj hidrotehnički objekat smanjuje ionako skromne količine nanosa koje dospevaju na profil MHE Biserka, tako da antierozioni radovi nemaju značaja za ovaj hidroenergetski objekat. Ovu činjenicu potkrepljuje i činjenica da niska brana na profilu MHE Biserka praktično stvara dodatni akumulacioni prostor reda veličine 3000 do 4000 kubnih metara vode u režimu prosečnog protoka.

5.5. VODOPRIVREDNE PODLOGE I OGRANIČENJA

Osnovno ograničenje o kome je vođeno računa prilikom dimenzionisanja objekata hidroelektrane je da se ne ugrozi okolno zemljište i objekti, kao i da se obezbedi kontinualno isticanje vode nizvodno, od minimalnih do maksimalnih protoka.

S obzirom da MHE ne poseduje akumulaciju, već praktično vrlo skroman retenzioni prostor, to ovaj hidroenergetski objekat ni u kom smislu ne utiče na vodni režim reke Toplice, osim što u

malovodnom delu godine pozitivno utiče na podzemne vode u okruženju, povećavajući ih u periodu kada su biljkama najpotrebnije.

U području uspora nema drugih vodoprivrednih objekata, uliva i zahvata vode, osim što postoje dva gaza, putna prolaza kroz rečno korito kojima je omogućena komunikacija vlasnika zemljišta na suprotnoj obali. Korisnicima ovih prelaza će se obezbediti adekvatna komunikacija.

6. TEHNIČKO REŠENJE MHE

6.1. KONCEPCIJA I IZBOR OSNOVNIH TEHNIČKIH PARAMETARA

Prostor koji je Investitoru ponuđen kao deo hidropotencijala, bio je osnovni parameter koji je projektant imao na raspolaganju. Iz topografskih podloga se odmah može uočiti da se radi o skromnim padovima, ali je hidrološka studija dala argumentovani podatak da se radi o značajnim količinama vode, jer je Toplica najveća leva pritoka Južne Morave i donosi joj u proseku preko $10 \text{ m}^3/\text{s}$ vode. Ako se uzme u obzir činjenica da je uzvodno izgrađena akumulacija Selova koja izravnavala neravnomerne vode Toplice, to će na profil MHE Biserka dospeti dotoci ravnomernije nego što bi se to dešavalo u prirodnim uslovima.

Izbor instalisanog protoka je urađen na osnovu krive trajanja dnevnih protoka. U tabeli br. 2 su prikane vrednosti količine vode koje se energetski prerađuju u funkciji instalisanog proticaja.

Tabela 2. Izbor instalisanog proticaja MHE na osnovu krive trajanja dnevnih protoka

p(%)	T (dani)	dT (10^6 s)	Qi (m^3/s)	Qsr (m^3/s)	dV (10^6 m^3)	V _{HE} (10^6 m^3)	%V _{god} (%)
1,00	3,65	0,32	78,10	78,10	23,4		
5,00	18,25	1,26	36,10	57,10	68,4		
10,00	36,50	1,58	24,10	30,10	45,1		
14,30	52,20	1,36	20,00	22,05	29,9	279,7	86
16,40	59,86	0,66	18,00	19,00	12,6	252,7	78
18,40	67,16	0,63	16,00	17,00	10,7	239,8	74
20,00	73,00	0,50	14,50	15,25	7,7	227,8	70
30,00	109,50	3,15	9,70	12,10	38,2		
40,00	146,00	3,15	7,00	8,35	26,3		
50,00	182,50	3,15	5,30	6,15	19,4		
60,00	219,00	3,15	4,00	4,65	14,7		
70,00	255,50	3,15	3,10	3,55	11,2		
80,00	292,00	3,15	2,30	2,70	8,5		

90,00	328,50	3,15	1,70	2,00	6,3		
95,00	346,75	1,58	1,40	1,55	2,4		
99,00	361,35	1,26	0,90	1,15	1,5		
100,00	365,00	0,32	0,00	0,45	0,1		
		31,54		10,3	326,4		

Iz tabele br. 2 se može uočiti da se instalisanim protokom od $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ energetski prerađuje 78% vode, što je sa stanovišta ovog profila optimalno, ako se ima u vidu da je u poprečni profil vodotoka potrebno "smestiti", osim mašinske zgrade hidroelektrane i preliv kapaciteta $296 \text{ m}^3/\text{s}$, a radi se o frontu maksimalne širine 50 metara i dubine svega oko 3 metra.

Izbor kote normalnog uspora izvršen je na osnovu hidrauličkog proračuna tečenja kroz korito Toplice u prirodnim uslovima i uslovima postojanja brane, a da se u najuzvodnijem profilu ostvare prirodni uslovi tečenja za instalisani protok od $18 \text{ m}^3/\text{s}$. Taj najuzvodniji profil je lokacija najuzvodnijeg snimljenog profila reke neposredno nizvodno od postojećeg praga u reci i stare vodenice u selu Šainovac.

Podužni presek, hidraulička šema hidroenergetskog korišćenja reke Toplice kroz MHE Biserka prikazan je u okviru Hidrauličkog proračuna.

Kako uslovi na terenu omogućavaju produbljivanje rečnog korita neposredno nizvodno od pregradnog profila, čime se dobija povećanje pada hidroelektrane, to je predviđeno prokopavanje korita nizvodno od MHE za visinu od 0,7 m.

Da bi se obezbedila prerada predviđene količine vode, usvojena su dva agregata različitog kapaciteta, kako bi se omogućilo "pokrivanje" krive trajanja protoka u širokom dijapazonu od minimalnih $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ do instalisanog protoka od $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapacitet većeg agregata je $14,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a manjeg $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nakon analize, usvojeni su sledeći osnovni tehnički parametri MHE Biserka:

- Kota normalnog uspora (kota gornje vode) – 194,50 mm,
- Instalisani protok – $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Prokopavanje korita nizvodno za 0,7 m
- Kota donje vode za instalisani protok ($18,0 \text{ m}^3/\text{s}$) – 191,74 mm,
- Kota donje vode za minimalni protok ($1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) – 191,18 mm,
- Bruto pad postrojenja u rasponu 2,76 – 3,32 m,
- Broj agregata - 2.

6.2. PRIKAZ TEHNIČKOG REŠENJA – HIDROGRAĐEVINSKI DEO, TEHNIČKI IZVEŠTAJ, PREDMER I PREDRAČUN GRAĐEVINSKIH RADOVA

MHE Biserka je pribransko protočno postrojenje niskog pada koje se sastoji od niskog betonskog praga - brane, opremljenog ustavama, kojima se obezbeđuje razlika nivoa, mašinske zgrade u kojoj su predviđena dva agregata sa ostalom opremom neophodnom za funkcionisanje, pristupnog platoa na desnoj obali Toplice u neposrednoj blizini brane, priključka MHE na dalekovod, lateralnih nasipa sa drenažnim kanalima na pojedinim niskim delovima desne i leve obale, kojima se ostvaruje projektovani pad, retenzioni prostor, a to su ujedno i odbrambeni nasipi koji štite okolno poljoprivredno zemljište od velikih voda reke Topliceverovatnoće pojave 10%. Uspor retencije MHE Biserka se proteže od brane do postojeće pregrade u reci i vodenice, u dužini od oko 2,7 km.

Osovina brane je definisana tačkama A (7567394; 4784136) na desnoj i B (7567418; 4784181) na levoj obali Toplice.

Brana je betonska, gravitaciona, ukupne dužine 53 metra. Kota krune brane je 197,00 mnm. Građevinska visina brane je 8,8 m (od temelja brane). Na levom i središnjem delu brane predviđene su čelične ustave – klapne tipa „riblji trbuh“, za evakuaciju velikih voda. Dimenzije ustava su širina 17,5 metara, visina 3,3 metra. Projektovana su dva prelivna polja, sa srednjim stubom širine 1,5 m. Preliv je kapaciteta od 300 m³/s, što odgovara 10-godišnjoj velikoj vodi na pregradnom profilu.

Na prelivni deo brane se nastavlja slapište, dužine 10,1 m. Dno slapišta je na koti 189,00 mnm. Nizvodna polovina slapišta je predviđena od krupnog kamena, a može se uraditi i od betona.

Situacija, dispozicija i karakteristični preseki prikazani su u grafičkim priložima.

Na desnom delu brane je predviđena mašinska zgrada. Gabariti mašinske zgrade su 12,5 x 21,7 m u osnovi. Kota dna temelja je 184,25 mnm, a kota krova 197,00 mnm, što je ujedno i kota krune brane.

U mašinskoj zgradi su predviđena 2 agregata različitog kapaciteta. Instalirani proticaj većeg agregata je 14,5 m³/s i instalirana snaga 314 kW, a instalirani proticaj manjeg agregata 3,5 m³/s i instalirana snaga 86 kW. Pri istovremenom radu, oba agregata ostvaruju maksimalnu snagu od 373 kW. Mašinska zgrada je projektovana bez montažnog prostora. Montaža opreme predviđena je upotrebom auto dizalice.

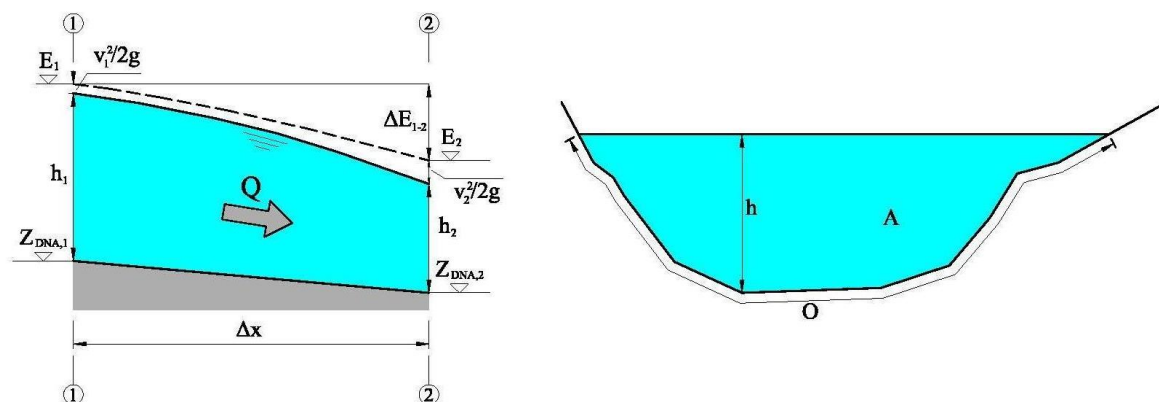
Neposredno nizvodno od mašinske zgrade predviđeno je prokopavanje rečnog korita u širini rečnog korita dubine 0,7 m, kako bi se dobio dodatni pad elektrane. Ukoliko se dodatnim topografskim snimanjem rečnog korita nizvodno od MHE pokaže da je moguće produbiti korito više od 0,7 metara, preporučuje se dodatno sniženje donje vode MHE prokopavanjem.

Hidraulički proračun - izbor kote normalnog uspora

Tečenje u prirodnim uslovima

Hidraulički proračun tečenja reke Toplice u prirodnim uslovima urađen je softverskim paketom HEC-RAS 4.1.0. Program se zasniva na sukcesivnom proračunu linije nivoa pomoću energetske

jednačine. Matematički i numerički model zakona održanja energije prikazan je jednačinama (1) i (2):



Slika 1. Proračun linije nivoa između dva računski preseka

$$\frac{d}{dx} \left(Z_{DNA} + h + \frac{v^2}{2g} \right) + I_{TR} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\left(Z_{DNA,1} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) = \left(Z_{DNA,2} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) + \frac{\Delta x}{2} \left(\frac{Q^2 n^2}{A_1^2 R_1^{4/3}} + \frac{Q^2 n^2}{A_2^2 R_2^{4/3}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Oznake na slici i u jednačinama (1) i (2) imaju sledeća značenja:

- Q - merodavni računski proticaj
- n - Maningov koeficijent rapavosti ($0,022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$)
- A_1, A_2 - površine poprečnih preseka ispunjenih vodom u presecima 1 i 2
- O_1, O_2 - okvašeni obimi u presecima 1 i 2
- R_1, R_2 - hidraulički radijusi u presecima 1 i 2 ($R = \frac{A}{O}$)
- $Z_{DNA,1}, Z_{DNA,2}$ - najniže kote u presecima 1 i 2
- h_1, h_2 - dubine vode u presecima 1 i 2
- $\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ - brzinske visine u presecima 1 i 2
- Δx - rastojanje između preseka 1 i 2

Ulazne parametre modela čine geometrijske karakteristike svih 11 snimljenih poprečnih profila reke Toplice.

Utvrđeno je da je u rasponu od minimalnih do maksimalnih proticaja, tečenje reke Toplice mirno, što je odredilo granične uslove modela ustaljenog tečenja (uzvodni granični uslov je proticaj, a nizvodni granični uslov normalna dubina).

Kota normalnog uspora akumulacije

Nadogradnjom opisanog modela, simulirano je tešenje u uslovima nakon izgradnje brane na reci Toplici na profilu koji je lociran oko 3.180 m uzvodno od ušća Toplice u Južnu Moravu. Za određivanje kote normalnog uspora (KNU) buduće akumulacije, usvojen je kriterijum da se pri instalisanom proticaju hidroelektrane, koji iznosi 18,00 m³/s, ne remeti prirodni režim tečenja u najuzvodnijem snimljenom profilu. Imajući ovo u vidu, usvojena kota normalnog uspora je 194,50 mnm. Pri ovoj koti uspora u najuzvodnijem preseku dolazi do izdizanja nivoa vode od 12 cm u odnosu na nivo u prirodnim uslovima.

Kriva donje vode nizvodno od hidroelektrane

Izlazni parametar modela je i kriva donje vode nizvodno od odvodne vade hidroelektrane. Kako je pri instalisanom proticaju kota donje vode u prirodnim uslovima ZDV = 192,13 mnm, mogući neto pad bio bi 2,37 m.

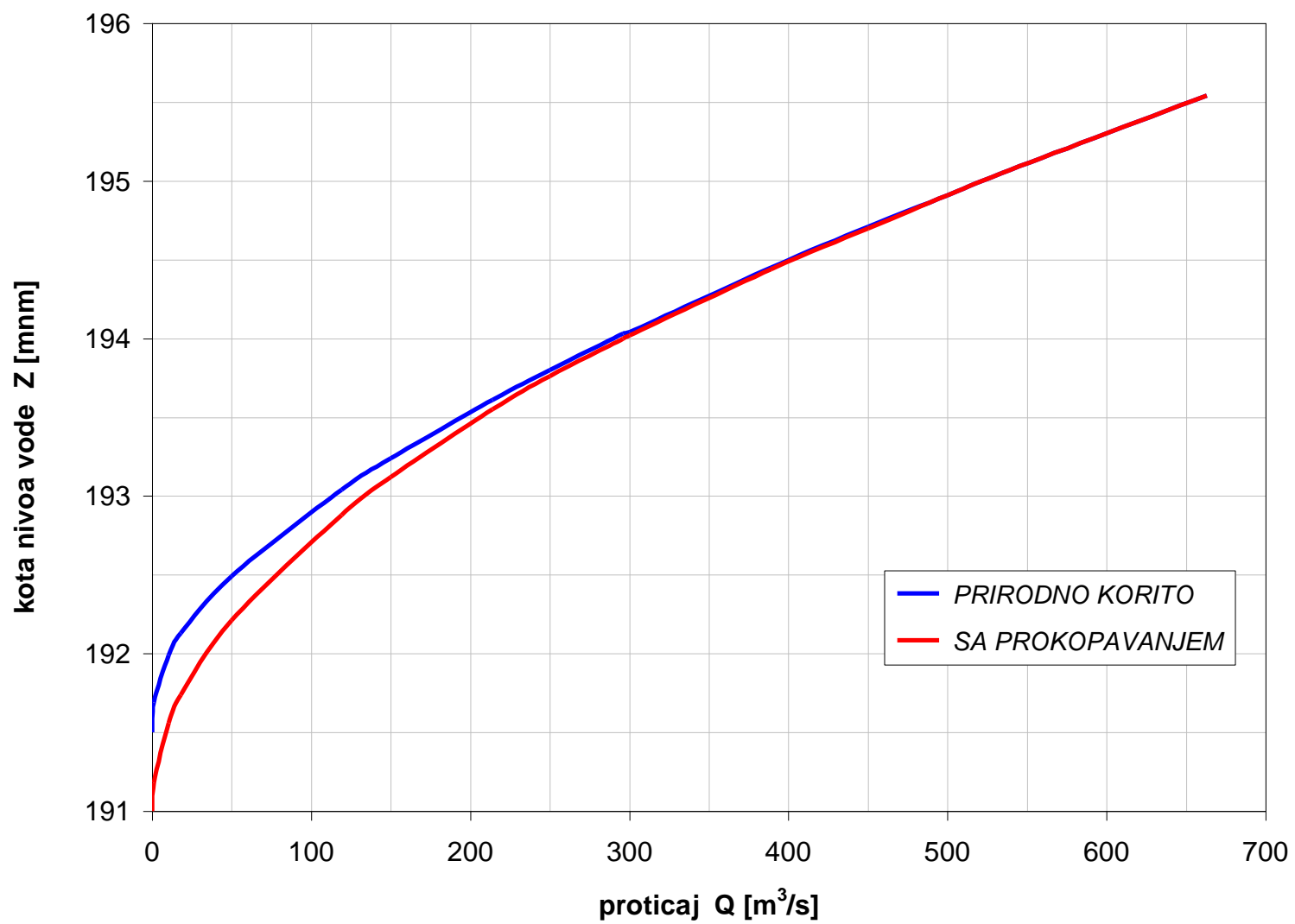
Prokopavanjem korita nizvodno od hidroelektrane povećao bi se neto pad a time i godišnja energetska proizvodnja postrojenja. Imajući to u vidu, napravljen je i model sa prokopavanjem rečnog korita nizvodno od pregrade, na dužini od oko 360 m. Širina prokopanog korita je 50 m.

Ovim dodatnim radovima, koji neće iziskivati velika investiciona ulaganja, neto pad se povećava na 2,76 m. Krive donje vode u prirodnim uslovima i sa prokopavanjem rečnog korita tabelarno i grafički su date u okviru tabele 1 i priloga 1.

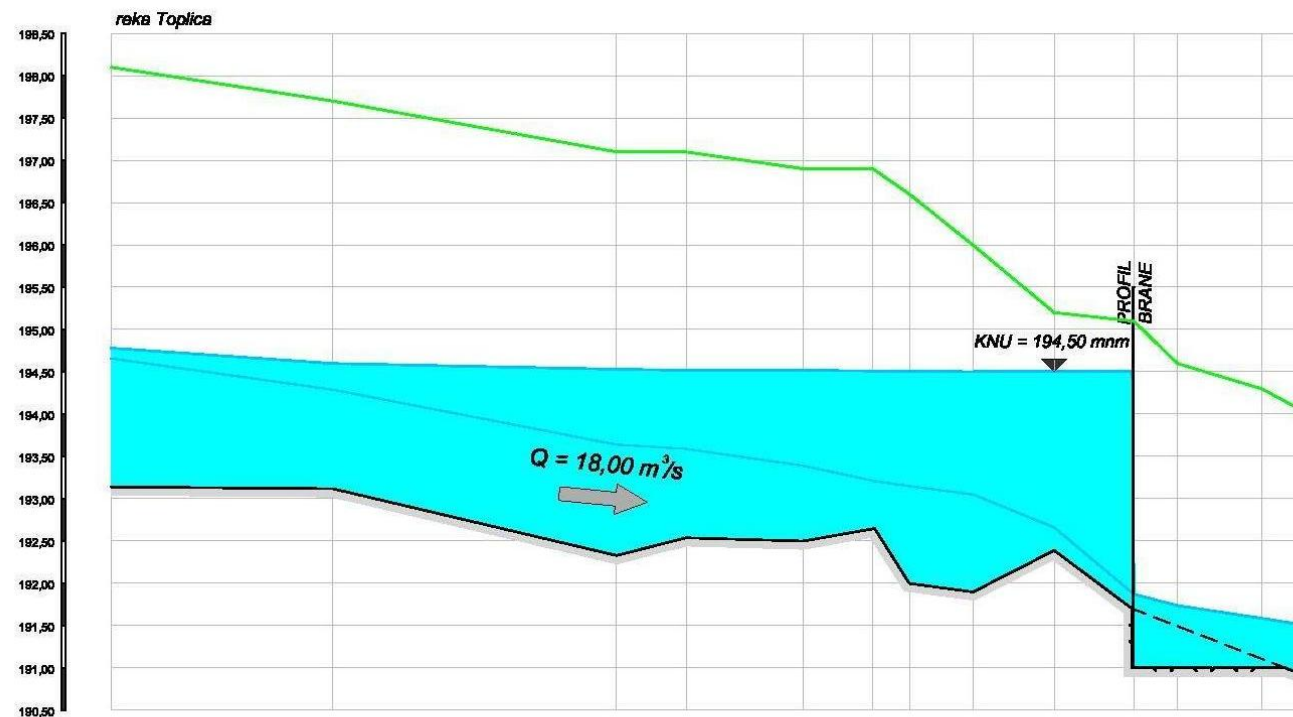
U okviru priloga 2 prikazan je podužni presek razmatrane deonice reke Toplice, sa prokopavanjem rečnog korita i sa linijama nivoa pri proticaju od 18,00 m³/s, pre i nakon izgradnje brane.

Q [m³/s]	Z [mnm]	
	<i>prirodno korito</i>	<i>sa prokopavanjem</i>
0	191.50	191.00
1	191.69	191.18
10.3	191.99	191.56
18	192.13	191.74
50	192.49	192.21
119	193.04	192.88
150	193.24	193.12
214	193.61	193.55
250	193.80	193.76
296	194.03	194.00
300	194.04	194.02
389	194.45	194.44
450	194.71	194.70
500	194.91	194.91
534	195.05	195.05
663	195.54	195.54

Tabela 1. Krive proticaja donje vode u prirodnim uslovima i sa prokopavanjem rečnog korita nizvodno od hidroelektrane



Prilog 1. Krive proticaja donje vode u prirodnim uslovima i sa prokopavanjem rečnog korita nizvodno od hidroelektrane



Stacionaža	[km]	5+602,55	5+077,35	4+405,60	4+240,92	3+984,19	3+794,60	3+711,97	3+561,45	3+369,57	3+180,56	3+077,83	2+876,79	2+766,82
Kota dna rečnog korita u profilu	[mnm]	193,14	193,12	192,33	192,54	192,50	192,85	192,00	191,90	192,39	191,00	191,00	191,00	190,90
Kota nivoa vode pri $Q_{inst} = 18,00 \text{ m}^3/\text{s}$ u prirodnom režimu	[mnm]	194,66	194,29	193,64	193,59	193,39	193,21	193,15	193,05	192,66	191,74	191,70	191,66	191,53
Kota nivoa vode pri $Q_{inst} = 18,00 \text{ m}^3/\text{s}$ nakon izgradnje brane	[mnm]	194,78	194,60	194,53	194,52	194,52	194,51	194,51	194,50	194,50	194,50	191,70	191,66	191,53
Kota krune levoobalnog i desnoobalnog nasipa	[mnm]	198,10	197,70	197,10	197,10	196,90	196,90	196,60	196,00	195,20	195,10	194,60	194,30	194,00

Prilog 2. Linije nivoa vode pri proticaju od $18,00 \text{ m}^3/\text{s}$ pre i nakon izgradnje brane

Duž budućeg akumulacionog prostora planirani su nasipi, kojima bi se prihvatile velike vode do maksimalnog proticaja od $300,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Ovaj proticaj je ujedno i merodavni proticaj za dimenzionisanje evakuacionih organa brane tokom eksploatacije. Nasipi su projektovani tako da je osovinsko rastojanje između levoobalnog i desnoobalnog nasipa oko $50,00 \text{ m}$. U tabeli 2 prikazane su kote nivoa vode po profilima, u smeru tečenja, pri proticaju od $300 \text{ m}^3/\text{s}$ sa potrebnim kotama krune nasipa.

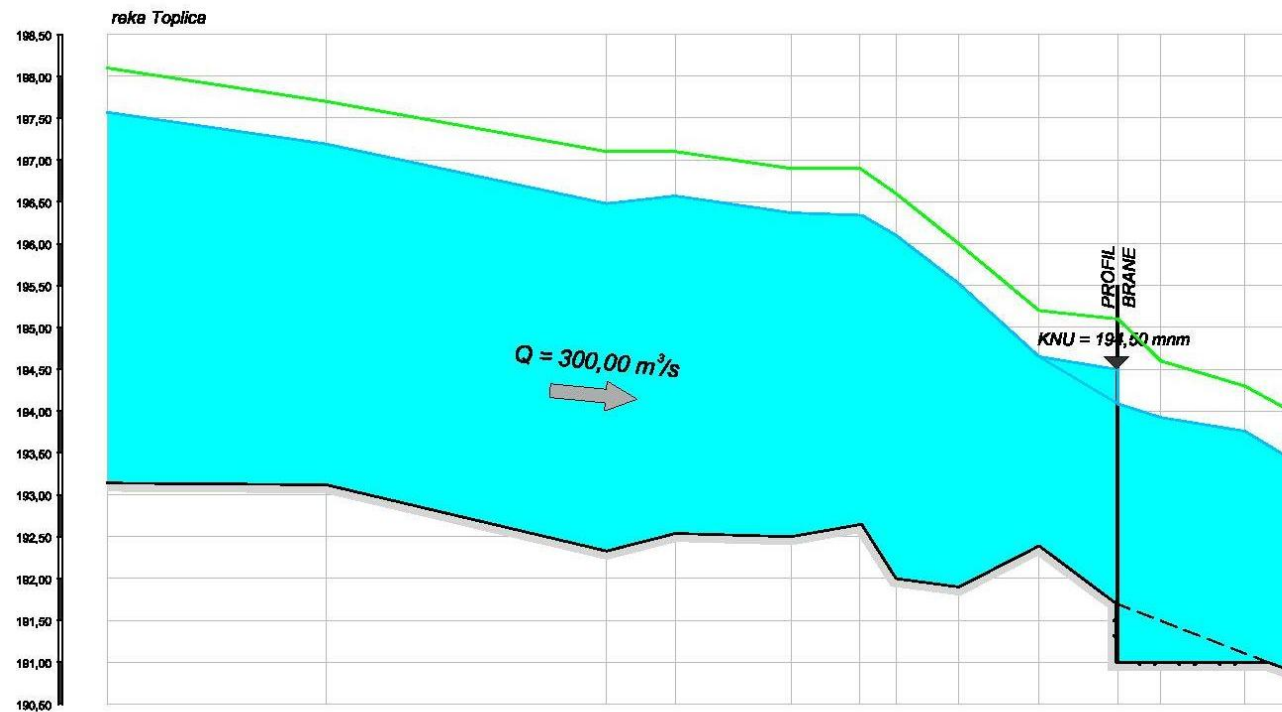
Br. profila	Kota nivoa vode	Kota krune nasipa
	[mnm]	[mnm]
1	197,57	198,10
2	197,19	197,70
3	196,48	197,10
4	196,57	197,10
5	196,37	196,90
6	196,34	196,90
7	196,10	196,60
8	195,52	196,00
9	194,65	195,20
10	194,61	195,10
11	194,50	195,00
12	194,05	194,60
13	193,76	194,30
14	193,43	194,00

Tabela 2. Kote nivoa vode po profilima, pri proticaju od $300 \text{ m}^3/\text{s}$ sa kotama krune nasipa (profil 1 je najuzvodniji snimljeni profil, profil 11 je profil uzvodnog lica brane, profil 12 je profil nizvodnog lica brane)

Pri proticajima većim od $300 \text{ m}^3/\text{s}$, deo od $300 \text{ m}^3/\text{s}$ se prihvata nasipima regulisanim akumulacionim prostorom, dok se višak sprovodi levoinundacionim i desnoinundacionim kanalom.

Jasno se može zaključiti iz modela, da je, pri proticaju od $300 \text{ m}^3/\text{s}$, dužina rečnog korita koju je potrebno regulisati nasipima, nekoliko kilometara uzvodno od najuzvodnijeg snimljenog profila. Time bi se onemogućilo plavljenje okolnog područja. Usled nedostatka poprečnih profila iz ove zone nije se mogla dati precizna linija nivoa uzvodno od profila 1 (tabela 2). Naknadnim geodetskim snimanjem nekoliko profila na potezu od oko 3-4 km uzvodno od profila 1, mogla bi se steći jasnija slika o količini potrebnih zemljanih radova.

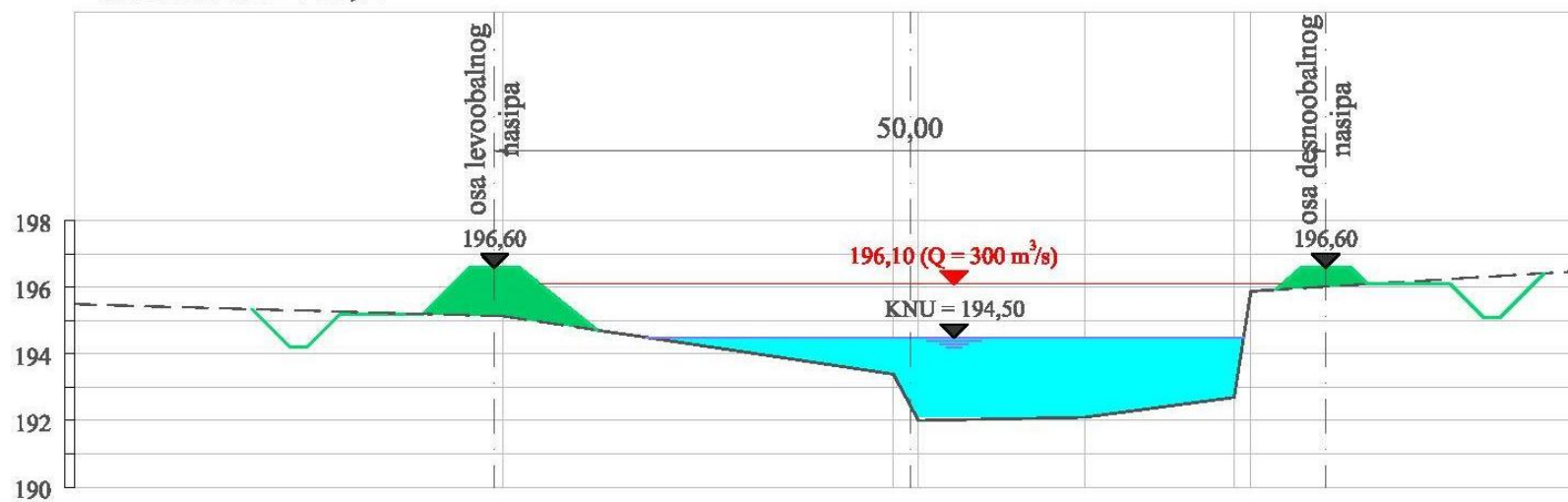
U okviru priloga 3 prikazana je linije nivoa vode pri proticaju od $300,00 \text{ m}^3/\text{s}$ pre i nakon izgradnje brane.



Stacionaža	[km]	5+602,55	5+077,35	4+405,80	4+240,92	3+964,19	3+794,60	3+711,97	3+561,45	3+369,57	3+180,56	3+077,83	2+876,79	2+766,82
Kota dna rečnog korita u profilu	[mm]	193,14	193,12	192,33	192,54	192,50	192,65	192,00	191,90	192,39	191,00	191,00	191,00	190,90
Kota nivoa vode pri Q = 300,00 m ³ /s u prirodnom režimu	[mm]	197,57	197,19	196,48	196,57	196,37	196,34	196,10	195,52	194,65	194,02	193,90	193,76	193,43
Kota nivoa vode pri Q = 300,00 m ³ /s nakon izgradnje brane	[mm]	197,57	197,19	196,48	196,57	196,37	196,34	196,10	195,52	194,65	194,50	193,90	193,76	193,43
Kota krune levoobalnog i desnoobalnog nasipa	[mm]	198,10	197,70	197,10	197,10	196,90	196,90	196,60	196,00	195,20	195,10	194,60	194,30	194,00

Prilog 3. Linije nivoa vode pri proticaju od 300,00 m³/s pre i nakon izgradnje brane

reka Toplica
 Profil 5
 Stacionaža 3+711,97



Rastojanje [m]	0,00	25,23	25,73	49,23	50,73	60,73	69,73	70,73	75,23	90,56
Kote dna [mm]	195,50	196,60	195,14	193,40	192,00	192,10	192,70	195,89	196,60	196,50

Prilog 4. Karakterističan poprečni presek regulisanog rečnog korita

Hidraulički proračun preliva i slapišta

Merodavan proticaj za dimenzionisanje preliva je 300 m³/s.

Kapacitet preliva se određuje pomoću formule:

$$Q = m \cdot b \cdot \epsilon \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{2gH^3},$$

Gde je:

- Q – merodavni proticaj,
- m – koeficijent prelivanja,
- b – dužina prelivne ivice,
- ϵ – koeficijent bočnog suženja,
- σ – koeficijent potapanja prelivnog mlaza,
- H – visina prelivnog mlaza ($h + v^2/2g$).

Rezultati su prikazani u sledećoj tabeli.

KNU	KKP	H	Q	Hust		H	KDV	m	Q
194.5	191.2	3.45	296	3.3		3.45	194	0.402	301

Kota dna slapišta i dužina slapišta određena je prema uputstvu Čertousova, proračunom visine uspora gornje vode (T) računajući od dna slapišta probanjem ili pomoću dijagrama gde se računa sužena dubina (h_c), zatim se računa spregnuta visina (h''), a dužina slapišta je određena primenom uputstva literature „Small Dams“ Birou of reclamations.

Rezultati proračuna su prikazani u sledećem pregledu:

- KNU = 194,5 mm,
- KKP = 191,2 mm,
- $T_0 = 5,5$ m,
- $h_{krit} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 1,90$ m,
- $h_c = 0,95$ m,
- $h'' = 3,25$ m,
- KDS = 389,00 mm,
- $L_{sl} = 10,10$ m.

Predmer i predračun građevinskih radova

Br	Opis pozicije	Jed. mere	količina	Jed. cena	Iznos (€)
1.	Mašinski iskop u širokom otkopu za temelje brane, slapišta, temelja potpornih zidova, mašinske zgrade, prilaznog kanala I odvodne vade u nevezanom materijalu	m ³	7.300	5,0	36.500
2.	Nasipanje oko objekata oko prelivne brane, potpornih zidova, mašinske zgrade I odvodne vade materijalom iz iskopa sa planiranjem i formiranjem pristupnog platoa na desnoj i levoj obali	m ³	1.850	7,0	12.950
3.	Armirani beton preliva, slapišta I potpornih zidova	m ³	750	100,0	75.000
4.	Armirani beton mašinske zgrade, prilaznog kanala I odvodne vade	m ³	2.000	100,0	200.000
5.	Armatura preliva, slapišta I potpornih zidova	t	48,1	1.000,0	48.100
6.	Armatura mašinske zgrade, prilaznog kanala I odvodne vade	t	150,6	1.000,0	150.600
7.	Zanatski radovi u mašinskoj zgradi (5% vrednosti betonskih radova na mašinskoj zgradi)				10.000
8.	Lateralni nasipi sa regulacijom rečnog korita uzvodno od brane u području niskih obala na levoj I desnoj obali Toplice	m ³	7.000	7,5	52.500
115.28.	Zaštita građevinske jame za vreme izvođenja radova (10% vrednosti građevinskih radova na prelivu i slapištu)				12.300
9.	Prokopavanje rečnog korita nizvodno od mašinske zgrade	m ³	3.500	6,5	22.750
10.	Ukupno glavni građevinski radovi				621.700
11.	Pripremni radovi (10% glavnih građevinskih radova)				62.200
12.	Ukupno glavni građevinski radovi sa pripremnim radovima(10 + 11)				687.900
13.	Nespecificirani radovi (10% poz. 12)				68.800
14.	Ukupno građevinski radovi (12 + 13)				756.700

6.3. HIDROMECHANIKA I MAŠINSKA OPREMA

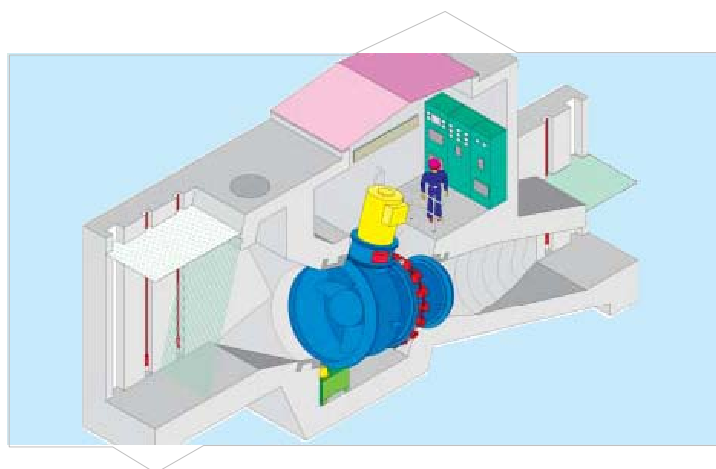
1. Uvod

Na osnovu podataka iz hidrograđevinskog dela projekta dobijeni su sledeći polazni podaci za izradu mašinskog dela projekta:

- Instalirani protok elektrane $Q_{inst}=18 \text{ m}^3/\text{s}$
- Instalirani protok većeg agregata $14,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Instalirani protok manjeg agregata $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Kota normalnog uspora $194,50 \text{ mm}$
- Kota donje vode za instalirani protok $191,75 \text{ mm}$
- Broj agregata 2 (jedan veći i jedan manji)
- Gubici u protočnom traktu $\Delta H_g=0,2 \text{ m}$ (u obzir uzeti gubici na izlazu iz sifona, dok su ostali gubici zanemarljivi)

Za date padove od oko 3m cevni aksijalni agregati imaju prednost u odnosu na ostale tipove agregata, pa su u obzir su uzete tri vrste cevni agregata:

- Klasična cevna turbine, koja je odbačena zbog malog prečnika radnog kola (ne preporučuju se ukoliko je prečnik radnog kola manji od 3m)
- S-turbina, koja je odbačena zbog veličine mašinske zgrade, i
- BEVEL-GEAR cevna turbine, koja je usvojena kao najbolje rešenje za oba agregata (vidi sliku dole).



Slika 1. Primer izvedbe cevne "BEVEL-GEAR" turbine

Osne turbine se efektivno mogu koristiti u malim hidroelektranama, jer prema zahtevima u vezi sa variranjem protoka (snage) mogu se izvesti da imaju dvojnu regulaciju - regulacija lopaticama obrtnog kola i lopaticama sprovodnog aparata.

Pošto hidroturbine za male padove imaju mali broj obrtaja, to se kod osnih turbina najčešće primenjuje multiplikator, sa ciljem korišćenja standardnog generatora sa ekonomski opravdanim brojem obrtaja.

2. Osnovna oprema u mašinskoj zgradi

Mašinska zgrada hidroelektrane Biserka je pribranskog tipa. Dimenzije u osnovi mašinske zgrade su određene: geometrijom protočnih delova turbine, gabaritima opreme i površinom koja je neophodna da bi se na raznim odgovarajućim kotama smestili: turbina, generatori, zatvarači, električne table i ormani i pomoćni uređaji na osnovu odgovarajućih normi i pravila. Spoljni gabariti mašinske sale su 12,25m x 20,17m. U unutrašnjosti mašinske zgrade dimenzija 11,25m x 13,80m smeštena su dva turbinska agregata osnog rastojanja 4,70m.

Montažni prostor nije predviđen već će se agregatima manipulirati auto-dizalicom kroz otvore na krovu mašinske zgrade.

2.1 Turbina

Odabrana su cevne turbinesa koničnim multiplikatorom sa dvostrukom regulacijom- regulacija lopaticama radnog kola i sprovodnog aparata. Na ovaj način je pokriven širok opseg rada turbine sa dobrim stepenom korisnosti, mada su turbine i turbinski regulator nešto skuplji.

Osnovni tehnički podaci turbine veće turbine:

• tip turbine	cevna (BEVEL-GEAR)
• tip generatora	sinhroni
• nominalni pad	2,55 m
• maksimalni pad	3,29 m
• nominalni protok	14,5 m ³ /s
• minimalni protok	3,6 m ³ /s
• broj obrtaja turbine	111,87min ⁻¹
• prečnik radnog kola turbine	cca. D ₁ =2,10 m
• nominalna snaga turbine	334 kW
• očekivani stepen korisnosti turbineu nominalnoj radnoj tački	0,925

Osnovni tehnički podaci turbine manje turbine:

• tip turbine	cevna (BEVEL-GEAR)
• tip generatora	sinhroni
• nominalni pad	2,55 m
• maksimalni pad	3,31 m
• nominalni protok	3,5 m ³ /s
• minimalni protok	1 m ³ /s
• broj obrtaja turbine	250 min ⁻¹
• prečnik radnog kola turbine	cca. D ₁ =1,0 m
• nominalna snaga turbine	80 kW
• očekivani stepen korisnosti turbineu nominalnoj radnoj tački	0,91

Glavni delovi i veće i manje turbine su:

- ulazni levak
- stator sa sprovodnim aparatom
- radno kolo

- oklop radnog kola sa konusom sifona
- kapsula turbine

Ulazni levak je od betona koji pravougaoni poprečni presek dimenzija 3,40m x 6,24m kod većeg i 1,70m x 1,80m kod manjeg agregata i prevodi u kružni prečnika 3,40m (veći agregat) i 1,70m (manji agregat). Dimenzije dovoda su definisane tako da brzina vode kroz rešetku na vodozahvatu bude približno 1 m/s. Proširenje je izvedeno samo u vertikanom pravcu hidraulički oblikovanim zahvatom, a bočni zidovi su vertikalni. Stator turbine je spojen sa ulaznim levkom i, preko prirubnica, sa oblogom radnog kola.

Na uzvodnom delu statora nalaze se stope za oslanjanje na ubetonirane ploče postavljene u nosećim betonskim stubovima.

Oklop radnog kola i konus sifona su jedinstvena celina razdvojiva po horizontali radi montaže radnog kola turbine i spojen je sa statorom turbine na uzvodnoj i sa sifonom na nizvodnoj strani. Izrađuje se u zoni lopatica obrtnog kola od nerđajućeg čelika.

Uzvodno koleno sifona je orebrena čelična konstrukcija takođe rastavljiva po horizontali. Oslanja se na ubetonirane ploče i stubove. Na najnižoj koti sifona nalazi se drenažna jama za pražnjenje.

U paralelnom radu elektrane sa mrežom održava se nivo gornje vode na koti 194,50 mm, a energija vode transformiše se u električnu energiju i plasira u distributivnu mrežu. Višak vode koja dotiče ka elektrani, a ne može da se transformiše u električnu energiju, preliva se preko preliva.

Proizvodni agregati u paralelnom radu sa mrežom radi automatski bez stalne posade. Pored toga turbinom, odnosno generatorom može se komandovati lokalno i sa upravljačkih ormana turbine odnosno generatora koji su smešteni u mašinskoj zgradi.

Brzo zaustavljanje (isključenje) agregata se zahteva:

- ako prekomerno poraste brzina obrtaja- što predstavlja zaštitu protiv pobega,
- ako prestane cirkulacija ulja za podmazivanje i cirkulacija vode u pomoćnim uređajima, i
- ako počne da opada pritisak regulacijskog ulja do određene vrednosti.

2.2 Oprema turbinske regulacije

Na osnovu uloge male hidroelektrane u električnoj mreži, stepena automatizacije, vrste turbine i protočnog sistema, kao i karakteristika potrošača, izvršen je najrentabilniji izbor upravljačke opreme.

a) Način rada i vrsta regulacije

Kod paralelnog rada agregata sa velikom električnom mrežom, regulator deluje na regulacioni organ turbine. Regulacione veličine su:

- nivo gornje vode
- snaga agregata
- protok kroz turbinu

b) Osnovni tehnički zahtevi za upravljačke uređaje turbine

Sistem regulacije hidroagregata sa cevnom turbinom (tj. kada se regulišu lopatice usmernog aparata i radnog kola) zasniva se na kombinatornoj vezi.

Oprema turbinske regulacije mora ispunjavati sledeće glavne funkcije:

- sekvence startovanja i zaustavljanja turbine i pripadajuće opreme;
- podizanje i skidanje regulacijskog opterećenja;
- zaustavljanje agregata usled dejstva signala zaštite;

Uređaji upravljanja moraju imati i mogućnost upravljanja ručnim pogonom za mehanizmom puštanja i mehanizmom promene snage agregata.

Uređaj regulacije brzine obrtaja mora da obezbedi stabilnu regulaciju pri radu agregata i to:

- u praznom hodu kada je generator isključen sa mreže bez opterećenja i sa opterećenjem do 10% za napajanje potrošača sopstvene potrošnje,
- u praznom hodu paralelno sa mrežom,
- pri promeni opterećenja.

Regulator brzine obrtaja deluje pomoću hidrauličkog sistema sa uljem pod pritiskom. Regulacioni sistem turbine mora imati dovoljno rezervne energije u svim radnim uslovima, da obezbedi predviđenu regulaciju i zatvaranje turbine u nuždi. Brzinu odziva regulacije, koja određuje kvalitet regulacije, treba uskladiti sa karakteristikama protočnog vodnog sistema i zamajnih masa agregata čime će se obezbedi dovoljna sigurnost i pouzdanost rada male hidroelektrane.

Sistem turbinske regulacije se sastoji od uređaja za merenje brzine obrtanja, digitalnog elektronskog regulatora (PLC), elektrohidrauličkog upravljačkog sistema i jedinice za pripremu ulja pod pritiskom.

Digitalni regulator je smešten u ormanu upravljanja elektranom i njegova isporuka je uključena u okviru isporuke opreme sistema upravljanja. Senzori za merenje nivoa u akumulaciji, protoka, brzine obrtanja i položaja klipova servomotora su takođe uključeni u isporuku opreme sistema upravljanja.

Elektro hidraulički – upravljački deo regulatora obuhvata elemente koji upravljaju servomotor sprovodnog aparata i radnog kola prema nalogima iz digitalnog regulatora. Tu su uključeni pilot rezvodni ventili (proporcionalni ventili) za automatsko – kontinualno upravljanje servomotora i elektro-magnetni i hidraulično upravljani ventili za havarijsko zaustavljanje.

Predviđen je uređaj za pripremu ulja pod pritiskom za oba agregata koji se sastoji od čeličnog rezervoara za ulje, dve radne i jedne rezervne uljne pumpe montirane na rezervoaru, uljno-hidrauličnog akumulatora, cevovoda i pripadajuće armature. Nivo pritiska uljne instalacije biće prema standardnom tehničkom rešenju isporučiooca opreme, za pritisak 100 bar-a ili više.

Mehanizam sprovodnog aparata je opremljen kotra tegom koji dejstvuje u slučaju zaglavljivanja jedne ili više lopatica sprovodnog aparata.

2.3 Multiplikator

Za povećanje broja obrtaja turbine na broj obrtaja sinhronog generatora predviđen je konični jednostepeni multiplikator:

a) Veći agregat

• ulazni broj obrtaja	111,87min ⁻¹
• izlazni broj obrtaja	750 min ⁻¹
• očekivani stepen korisnosti	0.96
• broj multiplikatora	1

b) Manji agregat

• ulazni broj obrtaja	250 min ⁻¹
• izlazni broj obrtaja	1000 min ⁻¹
• očekivani stepen korisnosti	0.96
• broj multiplikatora	1

2.4 Pomoćna oprema u mašinskoj zgradi

2.4.1 Drenaža i pražnjenje

Oprema za drenažu mašinske zgrade i oprema za pražnjenje vodenog trakta objedinjeni su u jednu celinu.

Procurne vode kroz zidove elektrane i turbine se sakupljaju gravitaciono drenažnim kanalima i uvode u drenažnu jamu koja se nalazi na najnižoj koti mašinske zgrade. Iz ove drenažne jame se pomoću cevovoda voda sprovodi u zajednički drenažni bunar mašinske zgrade.

Pražnjenje predturbinske komore vrši se pomoću zahvata na ulaznom levku turbine i betonskog dela ulazne građevine ubetoniranim cevovodom, a na cevovodu se na mestu gde cev ulazi u elektranu nalazi pljosnati zasun na ručni pogon. Pražnjenje sifona vrši se kroz zahvat na najnižoj tački sifona pomoću čelične ubetonirane cevi. Na ovoj cevi se nalazi pljosnati zasun. Sistemom cevovoda gravitaciono se voda sprovodi do zajedničkog drenažnog bunara i pumpama u drenažnom bunaru vrši se pražnjenje protočnog trakta turbine. Drenaža i pražnjenje protočnog trakta turbine obavlja se pomoću jedne ili dve pumpe za svaki agregat. Svaka pumpa ima poseban potisni cevovod na kome se nalazi povratna klapna. Izliv potisnog cevovoda je u donju vodu nizvodno od sifonskog zatvarača iznad kote donje vode za stogodišnju veliku vodu.

2.4.2 Grejanje i ventilacija

Mašinsku salu nije potrebno grejati posebnim izvorima toplote za održavanje minimalne pozitivne temperature u nominalnim uslovima rada generatora s obzirom da generatori u toku rada disipacijom oslobađa određenu količinu toplote.

Da bi se u zimskom periodu obezbedila unutrašnja temperatura koja omogućava intervencije na opremi u mašinskoj sali (pregledi, popravke, demontaža i sl.) kada generatori nisu u pogonu, predviđena je utičnica za priključenjem električnog grejnog tela.

U letnjem periodu mašinska sala provetrava se prirodnim putem odvođenjem toplote koja se oslobađa pri radu generatora. Za tu svrhu ugrađuje se na spoljnom zidu zaštitna rešetka sa regulacionom žaluzinom radi mogućnosti zatvaranja otvora u zimskom periodu.

Zagrejani otpadni vazduh može se evakuisati kroz rešetku koja se ugrađuje iznad ulaznih vrata mašinske zgrade.

2.5. Hidromehanička oprema mašinske zgrade

2.5.1. Ulazna rešetka

Rešetka sprečava ulazak plivajućih predmeta (grana, drva, plastične boce i dr.) u turbinu. Sastoji se od 2 panela od kojih svaki sadrži štapove međusobno kruto spojene sa poprečnim nosačima zavarivanjem. Štapovi su pravougaonog poprečnog preseka. Rešetka je dimenzionisana za potpuno začepljenje pri max. nivou gornje vode. Svetli otvor rešetke je dimenzionisan da brzina vode na ulazu bude približno 1 m/s. Čišćenje rešetke je ručno sa platoa iznad rešetke na koti 197.00 mnm.

Osnovni tehnički podaci rešetke većeg agregata:

• Širina rešetke	3.9 m
• Visina rešetke	6.5 m
• Kota praga rešetke	187.47 mnm
• Gornja kota vode ispred rešetke	194.50
• Nagib rešetke prema horizontalnoj ravni	85°
• Broj segmenta	2
• Razmak između štapova	80 mm
• Dimenzije štapova	80 mm x 10 mm
• Broj rešetki	1

Osnovni tehnički podaci rešetke manjeg agregata:

• Širina rešetke	1.97 m
• Visina rešetke	3.2 m
• Kota praga rešetke	188.60 mnm
• Gornja kota vode ispred rešetke	194.50
• Nagib rešetke prema horizontalnoj ravni	85°
• Broj segmenta	2
• Razmak između štapova	50 mm
• Dimenzije štapova	70 mm x 8 mm
• Broj rešetki	1

2.5.2. Uzvodni višedelni remontni zatvarač

Na početku dovodnog levka, neposredno uzvodno od ulazne rešetke nalazi se niša za spuštanje remontnog zatvarača čija je uloga da spreči dotok vode u protočni trakt turbine u toku pregleda i remonta turbine. Zatvarač je višedelni tablasti (stop-log). Diže se i spušta u mirnoj vodi pomoću autodizalice odgovarajuće nosivnosti.

Osnovni tehnički podaci zatvarača većeg agregata:

• Tip zatvarača	višedelni tablasti
• Širina svetlog otvora	3.91 m
• Visina svetlog otvora	6.10 m
• Kota praga zatvarača	187.50 mnm
• Kota plaforme za opsluživanje zatvarača	197.00 mnm
• Manipulacija	autodizalicom
• Broj zatvarača	1

Osnovni tehnički podaci zatvarača manjeg agregata:

• Tip zatvarača	višedelni tablasti
• Širina svetlog otvora	1.96 m
• Visina svetlog otvora	3.0 m
• Kota praga zatvarača	188.60 mnm
• Kota plaforme za opsluživanje zatvarača	197.00 mnm
• Manipulacija	autodizalicom
• Broj zatvarača	1

2.5.3 Sifonski zatvarač

Radi izolovanja vode sa nizvodne strane elektrane u slučajevima pregleda i remonta protočnog trakta turbine predviđen je sifonski zatvarač. Zatvarač se spušta i diže pomoću mostnog kрана. U normalnom radu turbine zatvarač je uvek u potpuno otvorenom položaju i nalazi se u betoniranim vođicama.

Sifonski zatvarač nema mogućnost automatskog zatvaranja i zaštite turbine od pobega zbog niže cene s obzirom da se radi o elektrani relativno male snage. Da bi se omogućilo intervenisanje u vandrednim slučajevima (u slučaju da otkáže zatvaranje sprovodnim aparatom), zatvaraču mora da bude omogućeno spuštanje u struju vode sopstvenom težinom pri svim nivoima gornje vode. U tom smislu zaustavni lim zatvarača biće sa nizvodne strane a zatvarač će biti i otežan potrebnim balastom.

Osnovni tehnički podaci zatvarača većeg agregata:

• Tip zatvarača	tablasti sa točkovima
• Širina svetlog otvora	2.7 m
• Visina svetlog otvora	2.74 m
• Kota praga zatvarača	188.01 mnm
• Kota plaforme za opsluživanje zatvarača	197.00 mnm
• Kota donje vode pri $Q_{inst}=18 \text{ m}^3/\text{s}$	191.75 mnm
• Nominalni protok kroz zatvarač	14,5 m^3/s
• Broj zatvarača	1

Osnovni tehnički podaci zatvarača manjeg agregata:

• Tip zatvarača	tablasti sa točkovima
• Širina svetlog otvora	1.35 m
• Visina svetlog otvora	1.30 m

- Kota praga zatvarača 188.01 mm
- Kota plaforme za opsluživanje zatvarača 197.00 mm
- Kota donje vode pri $Q_{inst} = 18 \text{ m}^3/\text{s}$ 191.75 mm
- Nominalni protok kroz zatvarač $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Broj zatvarača 1

2.6 Hidromehanička oprema brane

Brana Biserka ima dva prelivna polja, svako širine 17,5 m. U protočnim poljima predviđene su dveustave tipa "riblji trbuh".

Uloga ustava je višestruka:

- održavanje gornje kote vode,
- da omogući propuštanje velikih voda,

da omogući propuštanje leda,

- da omogući propuštanje plutajućeg nanosa.

Osnovne dimenzije i parametri segmentnih ustava:

- kota praga ustave 191,20 mm
- visina ustave 3,66 m
- širina ustave 17,5 m
- težina ustave 21 t

Pogon ustavama je hidrauličkim servomotorima. Zaptivanje ustave na pragu ustave je izvedeno ravnom gumom, dok je bočno zaptivanje profilisanom gumom. Bočno vođenje ustave obezbeđeno je sa po dva točka na oba kraja ustave. Pogon klapne je hidrauličkim servomotorima smeštenim na nogama ustave.

Hidraulička jedinica za pokretanje ustava smeštena je u mašinskoj zgradi.

1.7. Specifikacija mašinske opreme

Poz	Opis	Jed. Mere	Količina	Jedinična cena (EURO/t)	Ukupna cena (EURO)
1.	Cevna turbina, sledećih karakteristika: $Q = 14,5 \text{ m}^3/\text{s}$ $H_n = 2.55 \text{ m}$ $n = 111.87 \text{ o/min}$ $P = 350 \text{ kW}$ komplet sprovodnim aparatom, radnim kolom, turbinskim ležištem, vratilom, kontra tegom i servomotorima	kompl.	1	300.000,00 €	300.000,00 €

2.	Cevna turbina turbina, sledećih karakteristika: Q = 3,5 m ³ /s Hn = 2.55 m n = 250 o/min P = 97 kW komplet sprovednim aparatom, radnim kolom, turbinskim poklopcem, turbinskim ležištem, vratilom, kontra tegom i servomotorima	kompl.	1	135.000,00 €	135.000,00 €
3.	Sistem turbinske regulacije oba agregata	kompl.	1	25.000,00 €	25.000,00 €
4.	Pomoćni sistemi hidroelektrane (drenaža, HVAC, PPZ)	kompl.	1	13.000,00 €	13.000,00 €
5.	Rešetka na vodozahvatu većeg agregata, dimenzija 3,9x6,5 m	kompl.	2	9.000,00 €	18.000,00 €
6.	Rešetka na vodozahvatu manjeg agregata, dimenzija 1,97x3,2 m	kompl.	1	5.000,00 €	5.000,00 €
7.	Višedelni tablasti zatvarač na turbinskom dovodu većeg agregata, dimenzija 3.91x6.1m	kompl.	1	25.000,00 €	25.000,00 €
8.	Višedelni tablasti zatvarač na turbinskom dovodu manjeg agregata, dimenzija 1.96x3m	kompl.	1	6.000,00 €	6.000,00 €
9.	Sifonski zatvarač većeg agregata dimenzija 2.7x2,74 m	kompl.	1	13.000,00 €	13.000,00 €
10.	Sifonski zatvarač većeg agregata dimenzija 1.35x1,30 m	kompl.	1	3.000,00 €	3.000,00 €
11.	Klapna riblji trbuh, širine svetlog otvora 17,5 m, visine svetlog otvora 3,66 m, sa svim potrebnim ubetoniranim delovima i hidrauličnim cilindrom	kompl	2	90.000,00 €	180.000,00 €
A	UKUPNO MAŠINSKA OPREMA	-	-		723.000,00 €
B	Nespecificirano (3% od A)	-	-		21.690,00 €
C	Transport i montaža (8% od A+B)				59.575,20 €
	UKUPNO (A+B+C)	-	-		804.265,20 €

6.4. ELEKTRO DEO PROJEKTA

1. PRIKLJUČAK MHE NA MREŽU 10 kV

Veza MHE sa mrežom ostvarena je na naponskom nivou 10 kV. Ovo rešenje je uslovljeno blizinom postojeće transformatorske stanice 10/0,4 kV, smeštene u neposrednoj blizini staračkog doma, koja je udaljena od predviđene elektrane za oko 0,4 km.

Vrsta priključka na distributivnu mrežu određena je i snagom hidroelektrane, što je definisano i tehničkim preporukama EPS-a za ovakve objekte. Predviđeno je da se MHE instalirane snage veće od 160 kVA priključe na mrežu 10 kV preko jednog priključka, a priključak treba da se izvede u najbližoj TS 10/0.4 kV, na sabirnicama 10 kV, što je uslovljeno zahtevima iz TP-16. Veza od MHE do postojeće TS 10/0.4 kV izvešće se kablovskim priključkom do prvog stuba novog dalekovoda 10 kV i vazdušnim vodom 10 kV.

Priključak MHE je trofazni, a veza od RP 10kV do prvog stuba novoizgrađenog dalekovoda izvedena je jednožilnim kablovima, sa aluminijumskim provodnicima i izolacijom od umreženog polietilena (XHE 49-A), preseka 35 mm².

Za priključenje i bezbedan paralelan rad MHE sa mrežom elektrodistribucije, MHE mora da zadovolji kriterijum dozvoljene snage, koji garantuje da u režimu uključenja i isključenja generatora, promena napona na mestu priključenja na mrežu elektrodistribucije neće prekoračiti vrednost $\Delta U_m = 2\%$. Ovo je ispunjeno ako je zadovoljen sledeći uslov:

$$S_{ng_m} \leq \frac{S_{ks10}}{k \cdot u_k} \approx \frac{50}{1 \cdot 50} \approx 1 \text{ MVA}$$

gde su:

- S_{ng_m} – najveća vrednost jedinične snage generatora u MHE, u MVA,
- S_{ks10} – stvarna vrednost snage trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja MHE na distributivnu mrežu, u MVA,
- k – koeficijent koji za sinhronne generatore iznosi $k = 1$.

Stvarna vrednost snage trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja MHE na distributivnu mrežu usvojena je na osnovu pretpostavke da je TS 10/0,4 kV povezana sa TS 35/10 kV dalekovodom dužine 3,5 km i preseka AlČ 70/12, a TS 35/10 kV je opremljena sa distributivnim energetske transformatorom snage 8 MVA i napon kratkog spoja 7 %.

2. OSNOVNI PODACI O AGREGATIMA

U MHE bi se predviđeno sa dva horizontalna hidroagregata, koje čine cevne turbine, sa odgovarajućim sinhronim generatorima i stalom hidromehaničkom i elektroopremom agregata i hidroelektrane.

Snaga generatora u MHE izabrane su prema nazivnim vrednostima snaga na vratilu turbina, kao što je prikazano u donjoj tabeli.

Nazivna prividna snaga generatora je izračunata na osnovu usvojenih vrednosti za stepen iskorišćenja generatora $\eta_g=0,93\div 0,96$ i faktora snage $\cos\phi=0,9$ prema sledećoj formuli:

$$S_g = \frac{P_{tn} \cdot \eta_g}{\cos \varphi}$$

Usvojeni su trofazni, horizontalni sinhroni samopobudni generatori bez četkica za snage ispod 500 kVA, a tip pobudnog sistema je beskontaktni samopobudni diodni sistem. Generatori su u direktnoj sprezi sa turbinama.

Stepen mehaničke zaštite generatora je IP23.

Osnovne karakteristike generatora su date u narednoj tabeli:

R.br.	Snagaturbine (kW)	Nazivna snaga generatora (kVA)	Nazivni napon generatora (V)	Nazivni stepen iskorišćenja generatora	Nazivni faktor snage
1.	350	400	420	0,935	0,9
2.	97	100	420	0,96	0,9

Sistem regulacije pobude agregata treba da omogućava ručnu i automatsku regulaciju naponsko-reaktivnog režima agregata i da obezbedi:

- odgovarajuću brzinu reagovanja,
- zadržavanje napona generatora u dozvoljenim granicama pri različitim opterećenjima,
- napajanje pobude sa sabirnica agregata, nezavisno od drugih izvora,
- zaštitu generatora od prevelikih opterećenja i kratkih spojeva u mreži,
- zaštitu od prevelikih napona pri ispadu opterećenja i sl.

Automatski regulator treba da bude izveden u mikroprocesorskoj tehnici, sa proporcionalno-integralnim dejstvom i široko podesivim karakteristikama.

Generatori treba da budu opremljeni termičkom zaštitom, koja je ostvarena pomoću termistora ugrađenih u namotaje statora.

Imajući u vidu da MHE treba da rade bez posade i sa minimumom daljinski prenošenih informacija, potrebno je da turbinski regulator obezbedi sledeće funkcije:

- automatsko pokretanje, što obuhvata otvaranje turbinskih organa, pokretanje turbine i regulaciju broja obrtaja u praznom hodu;
- održavanje konstantne brzine obrtanja, odnosno frekvencije, pri promeni nivoa vode u akumulaciji;

- automatsku regulaciju snage, što podrazumeva optimalnu potrošnju raspoložive vode u akumulaciji, pri paralelnom radu sa distributivnom mrežom;
- automatsko zaustavljanje.

Automatski turbinski regulator treba da bude izveden kao mikroprocesorski, sa PID dejstvom i podeševim statičkim i dinamičkim karakteristikama.

3. ENERGETSKI TRANSFORMATOR

Transformator je suvi, trofazni, dvonamotajni, predviđen za unutrašnju montažu. Snaga transformatora odgovara izbiru snaga generatora. Za transformatore ovakve snage hlađenje je sa prirodnom cirkulacijom vazduha (AN).

Osnovni parametri transformatora su:

-	nazivna snaga	630 kVA
-	nazivni napon na VN strani	10.000 V
-	nazivni napon na NN strani	420 V
-	regulacija	$\pm 2 \times 2,5$
-	napon kratkog spoja	5 %

Priključci blok transformatora prilagođeni su za kablovski priključak na obe strane (NN i VN) transformatora.

Transformatori moraju biti isporučeni sa svom pomoćnom opremom, kao što su termometri, točkovi itd.

4. RAZVODNO POSTROJENJE 10 kV

Plasman proizvedene energije iz MHE u distributivnu mrežu ostvariće se na naponskom nivou 10 kV, preko razvodnog postrojenja.

Predviđeno je tipsko razvodno postrojenje za unutrašnju montažu sa jednim sistemom sabirnica, sastavljeno od jednog ormara 10 kV. U ormanse ugrađuje oprema prema jednoopolnoj šemi.

Osnovni podaci postrojenja 10 kV sledeći:

- najviši radni napon	12 kV
- stepen izolacije	Si 12
- nazivna struja sabirnica (minimum)	400 A
- termička struja kratkog spoja	16 kA
- dinamička struja kratkog spoja	40 kA
- rasklopna moć prekidača	20 kA

-uklopna moć prekidača 31.5 kA

Postrojenje će biti tipsko, prefabrikovano, sastavljeno od slobodnostojećeg limenog ormana, izrađenog od dva puta dekapiranog lima. Dispozicija opreme u ormanu omogućava kablovski priključak sa donje strane ormana.

Predviđena je kombinovana transformatorsko-izvodna ćelija (orman).

Predviđen je prekidač vakuumskogtipa, sa elektromotornim pogonom, čime je omogućena daljinska manipulacija.. Nazivnastrujaprekidačaje 630 A, anazivnasimetričnastrujaprekidanjaiznosi 20 kA.

Mernitransformatori će bitisuvogtipa (zaliven je epoksidnimsmolama).

Uokviruormananalazisemernagrupa, koju čine:

- digitalno brojilo aktivne energije u oba smera,
- digitalno brojilo reaktivne energije u oba smera,
- upravljački uređaj merne grupe.

5. SOPSTVENA POTROŠNJA I SIGURNOSNO NAPAJANJE

Za napajanje potrošača sopstvene potrošnje u MHE predviđeni su sledeći naponi:

- naizmenični napon 3x400/230 V, 50 Hz i
- jednosmerni napon 48 V.

Napajanje potrošača naizmeničnim naponom izvedeno je preko razvoda0,4kV, 50Hz. Razvod 0,4kV, 50Hz je smešten u gornjoj polovini ormana sopstvenih potreba, koji se nalazi u mašinskoj sali.

Za potrebe napajanja komandnih uređaja, zaštite, signalizacije i početne pobude generatora predviđen je sistem jednosmerne struje napona 48 V koga čine:

- Ni-Cd akumulatorska baterija,
- automatski regulisani ispravljač-punjač i
- razvod jednosmerne struje napona 48 V.

Navedena oprema locirana je u donjoj polovini ormana sopstvenih potreba, koji je smešten u mašinskoj sali. Akumulatorska baterija je vezana na sabirnice glavnog razvoda jednosmerne struje napona 48 V preko automatski regulisanog ispravljača-punjača. Ovakva veza omogućava da u normalnom pogonu ispravljač-punjač napaja potrošače vezane na glavni razvod i održava stalno punu akumulatorsku bateriju.

Prionemogućenomnapajanjuispravljača (nestanaknaizmeničnognaponanapajanja ispravljača, kvarispravljačaisl.), uloguizvorajednosmernestrujepreuzimaaku-baterija.

6. UPRAVLJANJE, ZAŠTITE, MERENJA I SIGNALIZACIJA

6.1. Upravljanje

Predviđeno je da hidroelektrana radi paralelno sa distributivnom mrežom. U slučaju nestanka mrežnog napona elektrana se isključuje sa mreže, agregati ostaju na napajanju sopstvenih potreba ili se zaustavljaju.

Oprema za automatiku, regulaciju i upravljanje treba da omogućiti:

- Lokalno ručno upravljanje. Ovaj način upravljanja se primenjuje kod prvog puštanja opreme u rad, ispitivanja i kvarova;
- Lokalno poluautomatsko upravljanje. Pri poluautomatskom upravljanju programabilni logički kontroler (PLC) upravlja opremom na osnovu sopstvenog programa i ručnih naloga koje dobija sa operatorskog panela (OP);
- Lokalno automatsko upravljanje. Pri automatskom upravljanju PLC upravlja opremom na osnovu sopstvenog programa, parametara i referentnih vrednosti koje dobija iz centra daljinskog upravljanja. Upravljanje se svodi na izdavanje komandi start i stop agregata
- Daljinsko automatsko upravljanje podrazumeva potpuno automatski rad elektrane, što znači da se minimum komandi iz centra daljinskog upravljanja prosleđuje u MHE preko PLC-a. Iz ekonomskih razloga ovo treba da bude osnovni način rada, jer podrazumeva rad bez posade.

Kompletno upravljanje agregatom, odnosno agregatima, bilo ručno bilo automatski, vrši se sa komandne table agregata, sastavljene od dva polja:

- polje lokalnog upravljanja agregatom,
- polje daljinskog upravljanja.

Izbor načina rada agregata obezbeđen je preklopkama na poljima lokalnog i automatskog upravljanja.

Ručni režim rada podrazumeva da se priprema pogona, start agregata, uključanje na mrežu, rad agregata i stop agregata vrši komandnim elementima na komandnoj tabli agregata.

Kod automatskog režima rada, start agregata, uključanje na mrežu, rad agregata i stop agregata vrši se potpuno automatski.

6.2. Zaštite

Osnovni zadatak zaštita u MHE je da štiti agregat i ostalu opremu od mogućih oštećenja i havarija koje mogu nastupiti kao posledica poremećaja u mreži ili kvarova na opremi u elektrani.

Zaštite u MHE obuhvataju sledeće celine:

- zaštite generatora,
- zaštite turbine,

- zaštite blok transformatora i
- distributivne zaštite.

Zaštite generatora, blok transformatora i distributivne zaštite spadaju u grupu električnih zaštita, a zaštite turbine u grupu mehaničkih zaštita. Mehaničke zaštite obuhvataju turbinu, sistem regulacije ulja i zatvarače.

Generatorske zaštite čine:

- trofazna dvostepena prenaponska,
- trofazna dvostepene prekostrujna (prekostrujna i kratkospojna),
- dvostepena zaštita od strujnog nesimetričnog opterećenja i
- dvostepena zaštita od povratne snage, odnosno energije.

U turbinske zaštite ulaze:

- zaštita od pregrevanja ležajeva,
- zaštita od prevelikog broja obrtaja i
- zaštita od pada pritiska u instalaciji sistema turbinske regulacije.

Blok transformator je suvi, tako da je opremljen termičkom zaštitom namotaja od preopterećenja.

Ove zaštite deluju na isključenje prekidača agregata, tj. isključuju agregate sa mreže, razbuđuju ih i zaustavljaju.

Distributivne zaštite, koje čine:

- trofazna prenaponska,
- trofazna podnaponska,
- nadfrekventna,
- podfrekventna i
- zemljospojna,

isključuju agregate sa mreže.

Zaštite treba da budu mikroprocesorske izvedbe.

6.3. Merenje

U MHE predviđen su merenja, kako električnih, tako i neelektričnih veličina. Od električnih veličina predviđeno je merenje:

- struje generatora u sve tri faze,
- napona generatora,
- napona mreže,

- napona na sabirnicama sopstvene potrošnje,
- razlike faznog stava napona generatora i mreže,
- jednosmernog napona 48 V,
- aktivne snage i energije agregata i
- reaktivne snage i energije agregata.

Od neelektrične veličine, koje se mere električnim putem su:

- brzina agregata,
- frekvencija agregata,
- broj časova rada agregata,
- nivo gornje vode,
- nivo donje vode,
- razlika nivoa vode (sračunava se).

6.4. Signalizacija

Cilj signalizacije je da obavesti o načinu rada i fazi realizacije radnog procesa agregata i elektrane u celini, kao i da upozori na nastale poremećaje i njihovu lokaciju. Deli se na:

- signalizaciju stanja i
- signalizaciju alarma i kvarova.

Signalizacija se izvodi:

- lokalno, na opremi i
- daljinski, u centru daljinskog upravljanja.

Lokalna signalizacija obezbeđuje pojedinačnu signalizaciju svih vrsta neispravnosti i stanja na radu agregata, kako bi se mogao pratiti proces.

Za signalizaciju nepravilnosti i kvarova u MHE predviđena je signalna kombinacija kapaciteta 30 signala.

Daljinska signalizacija se izvodi grupno, u centru daljinskog upravljanja.

Na komandnoj tabli u MHE predviđeni su svi signali neophodni za pripremu pogona, start agregata, pogon agregata i stop agregata.

7. INSTALACIJA OSVETLJENJA I PRIKLJUČNICE

7.1. Instalacija unutrašnjeg osvetljenja i priključnica

Instalacije unutrašnjeg osvetljenja i priključnica napajaće se iz razvoda 0,4 kV, 50 Hz. U objektima MHE predviđena je instalacija opšteg osvetljenja, alarmnog osvetljenja i prenosne svetiljke.

Osvetljenje u prostorijama MHE predviđeno je svetilkama sa fluorescentnim cevima. Svetiljke u prostorijama sa manjim visinama se postavljaju na tavanicu, a u prostorijama sa većim visinama, svetiljke će biti postavljene na visilicama odgovarajuće visine.

Visine osvetljaja definisane su u skladu sa SRPS propisima.

Priključnice opšte namene će biti raspoređene unutar prostorija na najpovoljnijim mestima u skladu sa enterijerom i tehničkim zahtevima.

Zaštita od napona indirektnog dodira u instalaciji 3x400/230 V, 50 Hz izvedena je automatskim isključenjem napajanja u skladu sa SRPS standardima za TN-C-S sistem.

7.2. Spoljno osvetljenje

Instalacija spolnog osvetljenja se napaja iz razvoda 0,4 kV, 50 Hz.

Spoljno osvetljenje MHE je predviđeno sa reflektorima sa živinim svetilkama, snage 250 W. Reflektori su postavljeni na odgovarajuće nosače i montirani na čelične stubove visine 5 m iznad kote terena.

Uključivanje-isključivanje spolnog osvetljenja predviđeno je automatski preko foto-relea i ručno, izbornom preklopkom u slučaju kvara u automatskom režimu.

Za uzemljenje stubova paralelno sa napojnim kablom polaže se i čelično-pocinkovana traka Fe/Zn 25x4mm.

8. INSTALACIJA UZEMLJENJA I GROMOBRANA

Predviđena je instalacija uzemljenja i gromobrana u skladu sa odgovarajućim SRPS standardima, a kategorija objekta je I (prva).

Projektovana instalacija se sastoji od:

- prihvatnih vodova,
- odvodnih i usponskih vodova,
- zaštitnih provodnika za povezivanje metalnih delova postrojenja i zgrade na prsten za izjednačenje potencijala,
- temeljnog uzemljivača,
- prstena za izjednačenje potencijala I
- uzemljivača spoljašnjeg osvetljenja.

Svi ovi elementi, zajedno sa ostalim metalnim delovima objekta, sačinjavaju zatvoreni električni kavez i predstavljaju efikasnu zaštitu od atmosferskih pražnjenja i previsokog napona dodira.

U postrojenju se predviđa sistem zajedničkog uzemljenja koji objedinjava:

- zaštitno uzemljenje,
- pogonsko uzemljenje I
- gromobransko uzemljenje.

Na uzemljivački sistem su povezane sve metalne mase unutar zgrade MHE, šine za izjednačenje potencijala, zaštitne šine ormana, metalni stubovi spoljnog osvetljenja, kao i zvezdište sinhronog generatora.

9. INSTALACIJA TELEKOMUNIKACIJA

9.1. Signalizacija požara

Sistem za automatsku signalizaciju požara treba da obezbedi blagovremenu detekciju pojave i mesta nastanka požara, kao i alarmiranje, odnosno upozorenje da je do njegove pojave došlo i postupak šta je u tom slučaju potrebno uraditi.

Sistem se sastoji od:

- centrale za dojavu požara,
- javljača požara i
- instalacije.

Centrala za dojavu požara je uređaj kojim se upravlja mikroprocesorski, a prezentacija nadzornih funkcija vrši se preko funkcionalnih tastera. Centrala ima linijske (adresabilne) i alarmne module.

Sagledavajući namenu objekta, moguće uzroke izbijanja požara, brzinu razvoja požara i uslove koji vladaju u prostorijama, za automatsku detekciju pojave požara predviđa se primena sledećih tipova detektora:

- optično-dimni detektor,
- univerzalno termički detektor.

Za povećanje efikasnosti sistema za signalizaciju požara, na svim komunikacijskim delovima objekta biće postavljeni ručni javljači požara.

9.2. Telefonske instalacije

Za potrebe ostvarenja telefonskih veza predviđen je telefonski sistem. Sistem sačinjavaju:

- automatski telefonski aparat i
- instalacije (kablovi i priključnice).

Odvijanje telefonskog saobraćaja, u okviru PTT mreže telefonskog saobraćaja, ostvariće se korišćenjem automatskog telefonskog aparata, stonog tipa.

10. KABLOVSKI RAZVOD

Na naponskom nivou 10 kV predviđene su sledeće kablovske veze:

- veza razvodnog postrojenja 10kV i prvog stuba dalekovoda I
- veza energetskog transformatora i razvodnog postrojenja 10 kV.

Usvojeni su jednožilni kablovi sa izolacijom od umreženog polietilena, radnog napona 12kV, sa aluminijumskim provodnicima.

Kablovi 10 kV se polažu u kablovske kanale.

Napojni energetski kablovi 0,4 kV za unutrašnje i spoljne veze su položeni u kablovske kanale, po zidu na obujmicama, u zemlju (slobodno, kroz kablovice ili kroz cevi).

Napojni kablovi 0,4 kV su tipa PE(polietilenski), sa žuto-zelenom žilom, 600/1000 V odgovarajućeg preseka i broja žila, a u skladu sa načinom polaganja i trasom njihovog polaganja.

Za komandno-signalne krugove, koristiće se višezilni bakarni kablovi sa PE izolacijom i sa električnom zaštitom.

Za merne krugove, kao i za povezivanje procesorskih jedinica koristiće se višezilni bakarni kablovi sa PE izolacijom i sa električnom zaštitom.

Pošto će pojedinim trasama biti vođeni zajedno energetski i komandno-signalni, odnosno merni kablovi, to se predviđaju odgovarajuća odstojanja između ovih kablova, kako bi se izbegli međusobni uticaji.

11. PREDMER I PREDRAČUN RADOVA

Ovim predmerom radova obuhvaćena je isporuka celokupne elektro opreme i izrada el. instalacija u elektrani.

U cenu pozicija ovog predračuna pored potrebnog rada, ulazi i sav montažni i instalacioni materijal, transportni troškovi (oko dopremanja materijala na gradilište), ispitivanje završenih instalacija i njihovo puštanje u ispravan rad, kao i ostali prateći poslovi koji su potrebni da se izvedu i završe svi radovi predviđeni ovim proračunom.

R.br.	Opis opreme i radova	Jed.	Količina	Cena (€)
1.	Kablovsko-vazdušni priključak elektrane na TS 10/0,4 kV	m	400	10.000

R.br.	Opis opreme i radova	Jed.	Količina	Cena (€)
2.	Trofazni horizontalni sinhroni generator prividne snage 400 kVA sa pripadajućom opremom (pobuda i dr.)	kompl.	1	50.000
3.	Trofazni horizontalni sinhroni generator snage 100 kVA sa pripadajućom opremom (pobuda i dr.)	kompl.	1	20.000
4.	Trofazni suvi blok transformator prenosnog odnosa 10/0,42 kV, snage 630 kVA sa pripadajućom opremom	kompl.	1	7.000
5.	Razvodno postrojenje 10 kV sastavljeno od 1 ćelije	kompl.	1	20.000
6.	Oprema sopstvene potrošnje (0,4 kV, 50 Hz i 48 V jss)	kompl.	1	8.000
7.	Komandna tabla agregata, sastavljena od dva slobodnostojeća ormara, sa ugrađenom opremom za komandovanje, merenje, zaštitu i signalizaciju	kompl.	2	24.000
8.	Osvetljenje i priključnice	kompl.	1	5.000
9.	Instalacija uzemljenja i gromobrana	kompl.	1	2.000

R.br.	Opis opreme i radova	Jed.	Količina	Cena (€)
10.	Telekomunikaciona oprema	kompl.	1	2.500
11.	Kablovi sa pratećom opremom	kompl.	1	4.000
12.	Alati i zaštitna oprema	kompl.	1	1.500
A.	UKUPNO ELEKTRO OPREMA:			154.000
B.	Transport i osiguranje (7% od A):			10.800
C.	Montaža i probni rad (18% od A):			27.700
	UKUPNO OPREMA PUŠTENA U RAD (A+B+C):			192.500

7. INVESTICIONA VREDNOST OBJEKTA

Investiciona vrednost MHE Biserka dobijena je na osnovu predmera i predračuna građevinskih radova, specifikacije hidromehaničke i mašinske opreme, elektro opreme i ostalih troškova (izrada dokumentacije, projektovanje i istraživanje, tehnička kontrola dokumentacije, razne takse).

Rekapitulacija ukupnih investicija prikazana je u sledećoj tabeli.

Br.	Pozicija	Investiciona vrednost (€)
1.	Građevinski radovi	756.700.-
2.	Hidromašinska oprema	804.265.-
3.	Elektro oprema	192.500.-
4.	Ostali troškovi	40.000.-
5.	Ukupne investicije	1.793.465.-

8. ENERGETSKE ANALIZE

Instalisana snaga elektrane

Na osnovu izvršenog izbora tipa i broja agregata, a uzimajući u obzir promenu protoka i padova sa kojima je potrebno da radi hidroelektrana, hidroloških podataka o proticajima i njihovom unutargodišnjem rasporedu, izvršen je proračun energetske proizvodnje MHE Biserka. Da bi se omogućila proizvodnja energije od minimalnih vrednosti proticaja do vrednosti instalisanog protoka, usvojena su dva agregata različitog kapacita. Manja turbina je instalisanog protoka 3,5 m³/s i veća 14,5 m³/s, a minimalne vrednosti njihovih proticaja su 1,00m³/s i 3,29m³/s respektivno. Minimalni pad do kojih turbine mogu da rade je oko 1,5 m, što znači da mogu da rade do protoka oko 130 m³/s. Za takve uslove i za ovu energetska analizu su usvojeni sledeći ulazni podaci za proračun:

- Prosečan koeficijent korisnog dejstva veće turbine (η_{t1}) – 0,925
- Prosečan koeficijent korisnog dejstva manje turbine (η_{t2}) – 0,91
- Prosečan koeficijent korisnog dejstva većeg eneratora (η_{g1}) – 0,936
- Prosečan koeficijent korisnog dejstva manjeg generatora (η_{g2}) – 0,96
- Prosečan koeficijent korisnog dejstva multiplikatora (η_m) – 0,96
- Prosečan koeficijent korisnog dejstva transformatora (η_{tr}) – 0,99
- Kota gornje vode – 194,5 mnm,
- Kota donje vode je data na odgovarajućem dijagramu, a kreće se u dijapazonu od 191,18 mnm za minimalni proticaj od 1,0 m³/s, do 192,88 mnm za proticaj od 120 m³/s.
- Hidraulički gubitak pada u dovodnim organimaje funkcija protoka kroz turbine i kreće se od minimalnih 0,05 m do maksimalno 0,20 m za instalisani protok kroz turbine.

Instalisana snaga većeg agregata iznosi: $N_{i1} = 9,81 * \eta_{t1} * \eta_{g1} * \eta_m * \eta_{tr} * Q_{i1} * H_{n1} = 314 \text{ kW}$.

Instalisana snaga manjeg agregata iznosi: $N_{i1} = 9,81 * \eta_{t2} * \eta_{g2} * \eta_m * \eta_{tr} * Q_{i2} * H_{n2} = 86 \text{ kW}$.

Pri istovremenom radu oba agregata sa instalisanim protokom, instalisana snaga MHE iznosi:

$$N_{iMHE} = 9,81 * \eta_{t1} * \eta_{g1} * \eta_m * \eta_{tr} * Q_{i1} * H_{nMHE} + 9,81 * \eta_{t2} * \eta_{g2} * \eta_m * \eta_{tr} * Q_{i2} * H_{nMHE} = 373 \text{ kW}$$

Prosečna godišnja proizvodnja:

Instalisani protok od 18,0 m³/s omogućava energetska preradu 252,7 milona m³ vode godišnje, što iznosi 78% ukupne količine vode koja proteče rekom na profile brane i MHE Biserka.

Proračun energetske proizvodnje je izvršen na osnovu krive trajanja prosečnih dnevnih protoka, uzimajući u obzir podatke o svim parametrima koji utiču na proračun (proticaji, kote gornje i donje vode, hidraulički gubici, trajanje pojedinih protoka, maksimalni kapacitet agregata i njihovi koeficijenti korisnog dejstva u funkciji proticaja).

Energetska proizvodnja je sračunata na mesečnom nivou i rezultati su dati u sledećoj tabeli.

MHE Biserka - unutargodišnja raspodela energije							
T (mes)	1	2	3	4	5	6	
E _{a1} (kWh)	182.910	204.504	219.449	212.370	223.725	151.524	
E _{a2} (kWh)	0	21.346	53.448	51.724	16.240	0	
E _{a1+a2} (kWh)	182.910	225.851	272.897	264.094	239.965	151.524	
T (mes)	7	8	9	10	11	12	ukupno
E _{a1} (kWh)	82.704	0	0	84.054	125.985	167.193	1.654.418
E _{a2} (kWh)	0	59.412	59.822	0	0	0	261.993
E _{a1+a2} (kWh)	82.704	59.412	59.822	84.054	125.985	167.193	1.916.411

9. UTICAJ REALIZACIJE MHE NA ŽIVOTNU SREDINU

Izgradnja MHE, pored opšte pozitivnih uticaja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, može imati i negativnih uticaja na životno okruženje. Zbog toga je neophodno na samom početku projektovanja ovakvih objekata voditi računa o ambijentu u kom se energetska objekat predviđa. To se pre svega odnosi na harmonizaciju pozitivnih efekata i trajnog gubitka prirodnih resursa.

Efekti uticaja MHE Biserka na životnu sredinu svrstani su u dve osnovne kategorije, pozitivne i negativne efekte. Utvrđivanje i valorizacija negativnih uticaja implementacije projekta na životnu sredinu, sprovodi se u okviru dve kategorije i to:

- Uticaji u toku izgradnje MHE i
- Uticaji u toku eksploatacije MHE.

Pozitivni efekti projekta na okolinu i razvoj područja, pored razvojno-ekonomskog značaja prate i sledeći pozitivni efekti:

- Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora,
- Odsustvo štetne emisije gasova u atmosferu,
- Zapošljavanje i poboljšanje životnog standarda lokalnog stanovništva,
- Poboljšanje infrastrukturnih veza.

Mogući negativni uticaji MHE na životnu sredinu tokom izvođenja radova su privremenog karaktera, prostorno su ograničeni na područje gde se radovi izvode, a sastoje se od zagađenja vazduha prašinom, izduvnim gasovima građevinskih mašina i vozila, zagađenje površinskih voda finim frakcijama zemljanog materijala, otpadnim opasnim materijama (mašinsko ulje, gorivo), sanitarnim otpadom, degradacije zemljišta erozionim procesima, zauzećem prostora, nekontrolisanim odlaganjem iskopanog i drugog građevinskog materijala i čvrstog otpada, kao i vizuelno estetsko narušavanje pejzaža.

U toku eksploatacije, potencijalni negativni uticaji se ogledaju u promeni kvaliteta vode u vodotoku, usled ispuštanja otpadnih voda u vodotok i odlaganje komunalnog otpada.

Sa stanovišta uticaja MHE Biserka na okruženje u kom se planira, negativni uticaji na okruženje su svedeni skoro jedino na period njene izgradnje, što je relativno kratak period, koji se ocenjuje na dve građevinske sezone (2 godine). Ti uticaji su buka i prašina u području gradilišta, zamućenje vode u vreme iskopa u rečnom koritu i neposrednoj blizini, mogućnost akcidentnih situacija izlivanjem ulja i goriva u vodu.

Kako je područje buduće MHE Biserka sada veoma neuređeno, na samoj lokaciji se nalazi divlja deponija, to će realizacija ovog objekta pozitivno uticati na područje, a odnosi se na uređenje korita i obala, platoa MHE i neposredne okoline na kojoj se planira sportsko-rekreativni centar.

U periodu eksploatacije MHE neophodno je praćenje i analiza fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode, kao i kontinualno praćenje meteoroloških i hidroloških parametara.

10. EKONOMSKI DEO PROJEKTA

Cilj izrade ekonomskog dela projekta je da se oceni atraktivnost realizacije MHE.

Struktura investicija, koje su izražene u evrima (nivo cena april 2012. god. 1€ = 105,0 din) je data u sledećoj tabeli.

Br.	Pozicija	Investiciona vrednost (€)
1.	Građevinski radovi	756.700.-
2.	Hidromašinska oprema	804.265.-
3.	Elektro oprema	192.500.-
4.	Ostali troškovi	40.000.-
5.	Ukupne investicije	1.793.465.-

Predviđeno je da se objekat izgradi za dve građevinske sezone, u periodu od 1,5 godina, s obzirom da se izvode u samom koritu reke. U prvoj godini, izgradnja bi počela u drugoj polovini godine u periodu niskih vodostaja, a montaža opreme bi se izvodila u drugoj godini.

Operativni troškovi obuhvataju fiksne operativne troškove (investiciono i tekuće održavanje, troškove osiguranja i dr) i varijabilne operativne troškove (naknada za vodu i vodno zemljište, naknada elektrodistribuciji i naknada lokalnoj samoupravi). Na osnovu iskustva može se oceniti da se vrednost operativnih troškova kreće u iznosu od oko 1,4 €/kWh.

Benefit projekta je električna energija, koja se na domaćem tržištu, primenom Feed-in tarife može prodati po ceni od 9,70€/kWh.

Osnovni tehno-ekonomski parametri MHE Biserka prikazani su u sledećoj tabeli.

Br.1.	Parametar	Vrednost
2.	Instalisana snaga	373 kW
3.	Godišnja proizvodnja	1.916.411,0 kWh
4.	Ukupne investicije	1.793.465.- €
5.	Period realizacije projekta	1,5 god
6.	Specifične investicije	4.808,0 €/kW
7.	Investicioni količnik	0,93 €/kWh
8.	Benefit od prodate energije	185.892,0 €/god.

11. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Generalno se može zaključiti da je realizacija MHE Biserka na reci Toplici, sa stanovišta energetske proizvodnje povoljan objekat. Poboljšanje atraktivnosti ovog poduhvata trebalo bi tražiti u pojeftinjenju projekta sa jedne i traženju drugih korisnika, s druge strane.

Pojeftinjenje projekta je moguće izradom detaljnijih i preciznijih ulaznih podataka, posebno topografskih i geoloških podloga u zoni brane i mašinske zgrade, a takođe i zainteresovati buduće isporučioce opreme za povoljniju cenu opreme. Ovo se posebno odnosi na hidromašinsku opremu.

Povoljnost ovog objekta je u činjenici da se radi o vodotoku sa pouzdanim količinama vode, koji uzvodno ima izgrađenu akumulaciju značajne zapremine, što će ovoj MHE dati dodatnu stabilnost u dotocima.

Drugi korisnici ovog projekta su poljoprivreda (regulacija obala i zaštita poljoprivrednih površina od poplava), rekreacija (sportsko-rekreativni centar), ugostiteljstvo i turizam (zabava, izletišta, restorani).

12. PREDLOG AKTIVNOSTI ZA SLEDEĆU FAZU PROJEKTOVANJA

U narednom periodu preporučuje se Investitoru da pristupi izradi sledeće faze projekta, idejnog projekta i studije opravdanosti. Međutim, mogući naredni korak u realizaciji ovog posla je ugovaranje opreme za ovaj objekat, s obzirom da su sa velikom sigurnošću definisani osnovni parametri kako hidroelektrane, tako i hidromašinske i elektro opreme. Na osnovu podataka o karakteristikama i gabaritima nabavljene opreme moguće je raditi glavni građevinski projekat. Po izvršenoj tehničkoj kontroli glavnog projekta, što je zakonska obaveza, omogućilo bi se dobijanje građevinske dozvole i izgradnja objekta. Na ovaj način bi se smanjili troškovi i skratilo vreme izrade tehničke dokumentacije. Posledično bi to značilo skraćanje vremena do puštanja postrojenja u pogon.

U okviru projektantskih aktivnosti neophodno je pribaviti detaljne topografske podloge, topografsku kartu područja brane, akumulacije i nizvodnog poteza rečnog toka u kom je predviđeno prokopavanje korita. Topografske podloge treba da budu odgovarajuće tačnosti sa visinskom predstavom terena (izohipse) na svakih 0,5 m.

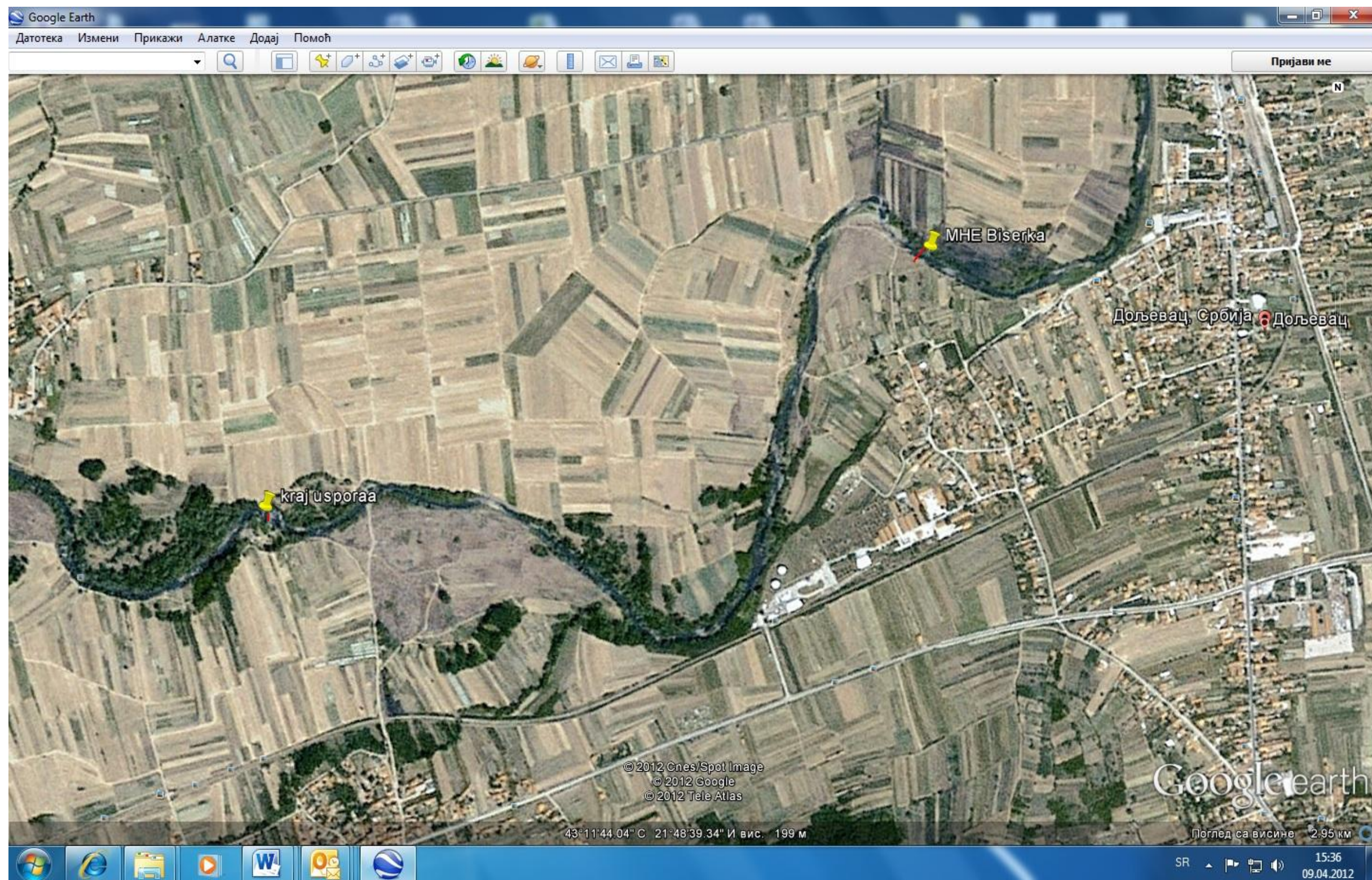
Osim topografskih podloga, potrebno je uraditi inženjersko-geološke istražne radove, kako bi se izučila nosivost tla na mestima na kojima su predviđeni objekti i vododrživost retenzionog prostora, a saglasno zakonskoj regulativi iz ove oblasti.

13. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

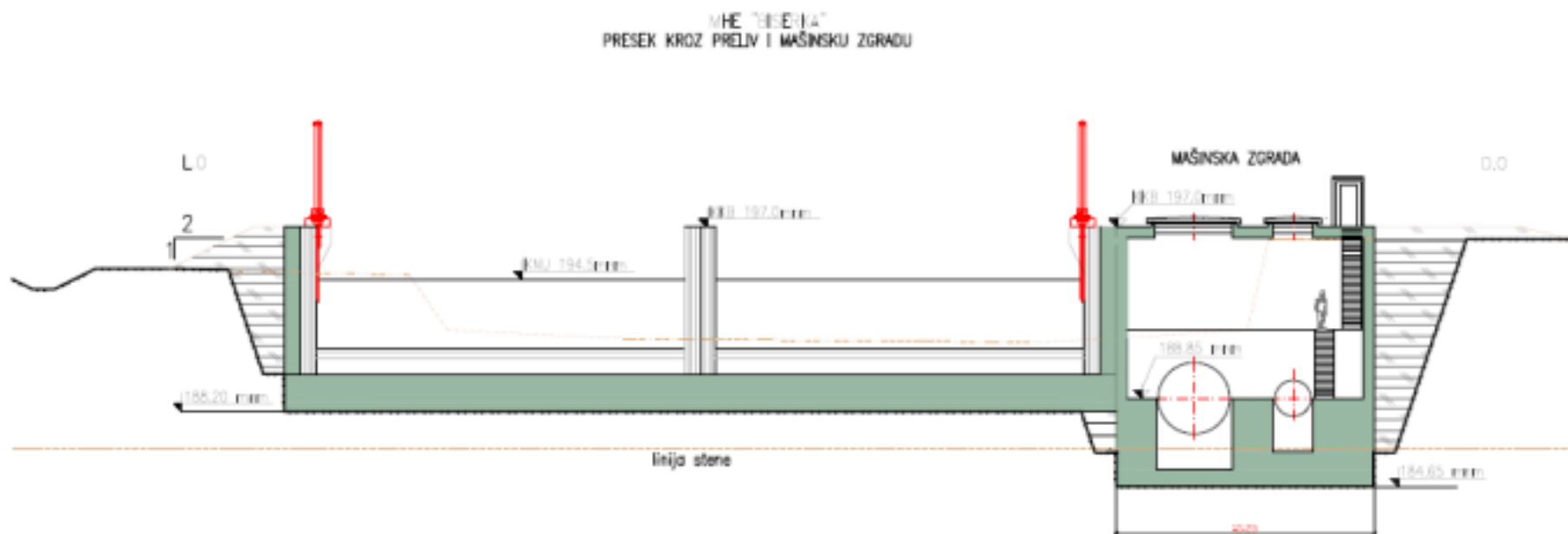
Spisak grafičkih priloga:

1. Lokacija MHE Biserka – Gugl snimak,
2. Makrolokacija brane i MHE,
3. Dispozicija brane i mašinske zgrade,
4. Presek kroz preliv i mašinsku zgradu,
5. Presek kroz mašinsku zgradu – veći agregat,
6. Osnova mašinske zgrade,
7. Poprečni presek prelivnog praga islapišta,
8. Jednopolna šema MHE.

.



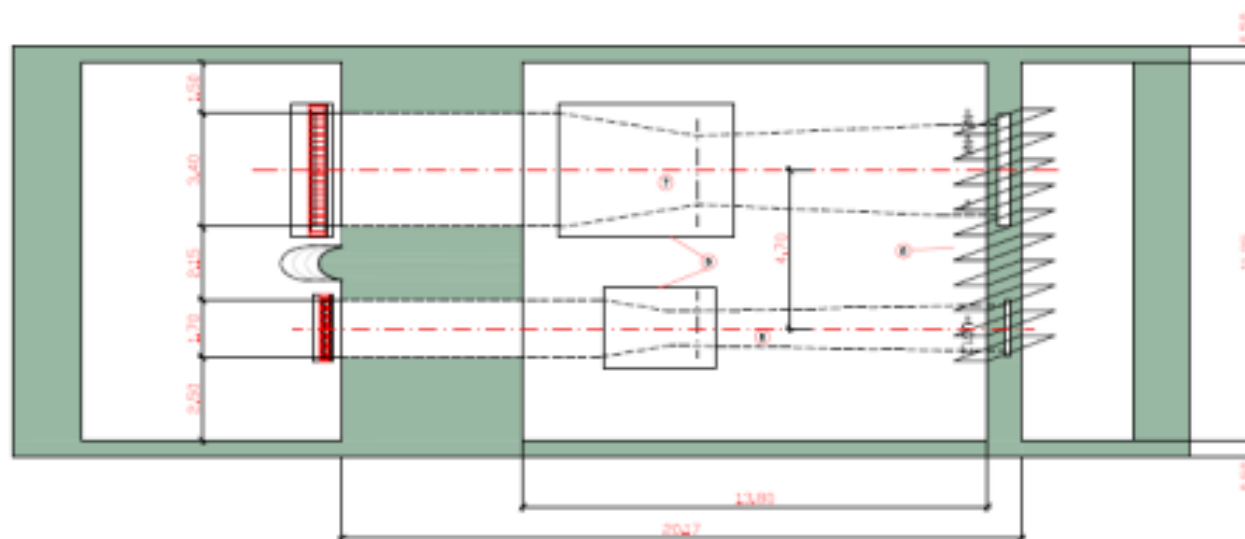
1: Lokacija MHE Biserka – Gugl snimak



4. Presek kroz preliv I mašinsku zgradu

5. Presek kroz mašinsku zgradu – veći agregat

OSNOVA MAŠINSKE ZGRADE NA KOTI OBRTNOG KOLA

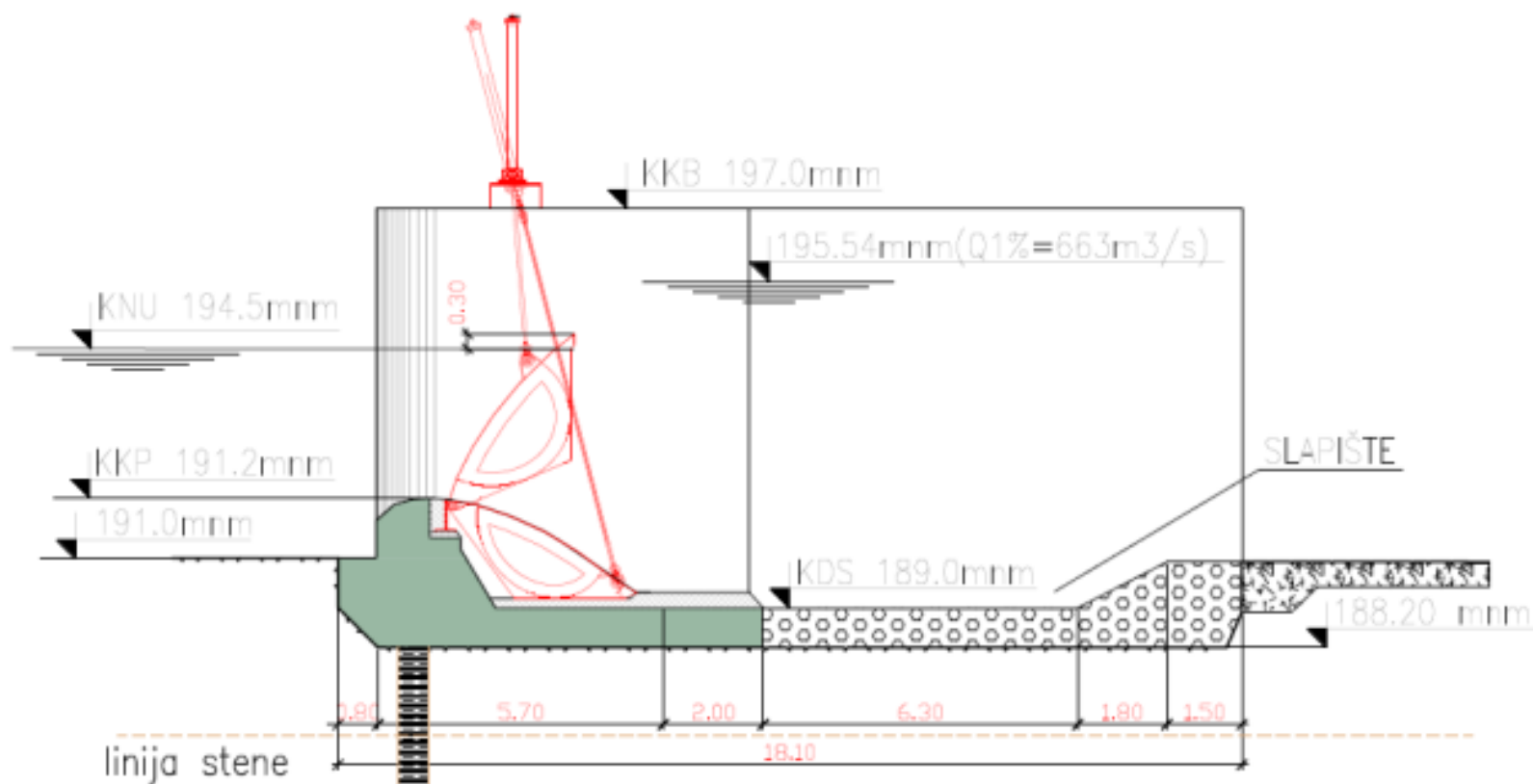


LEGENDA:

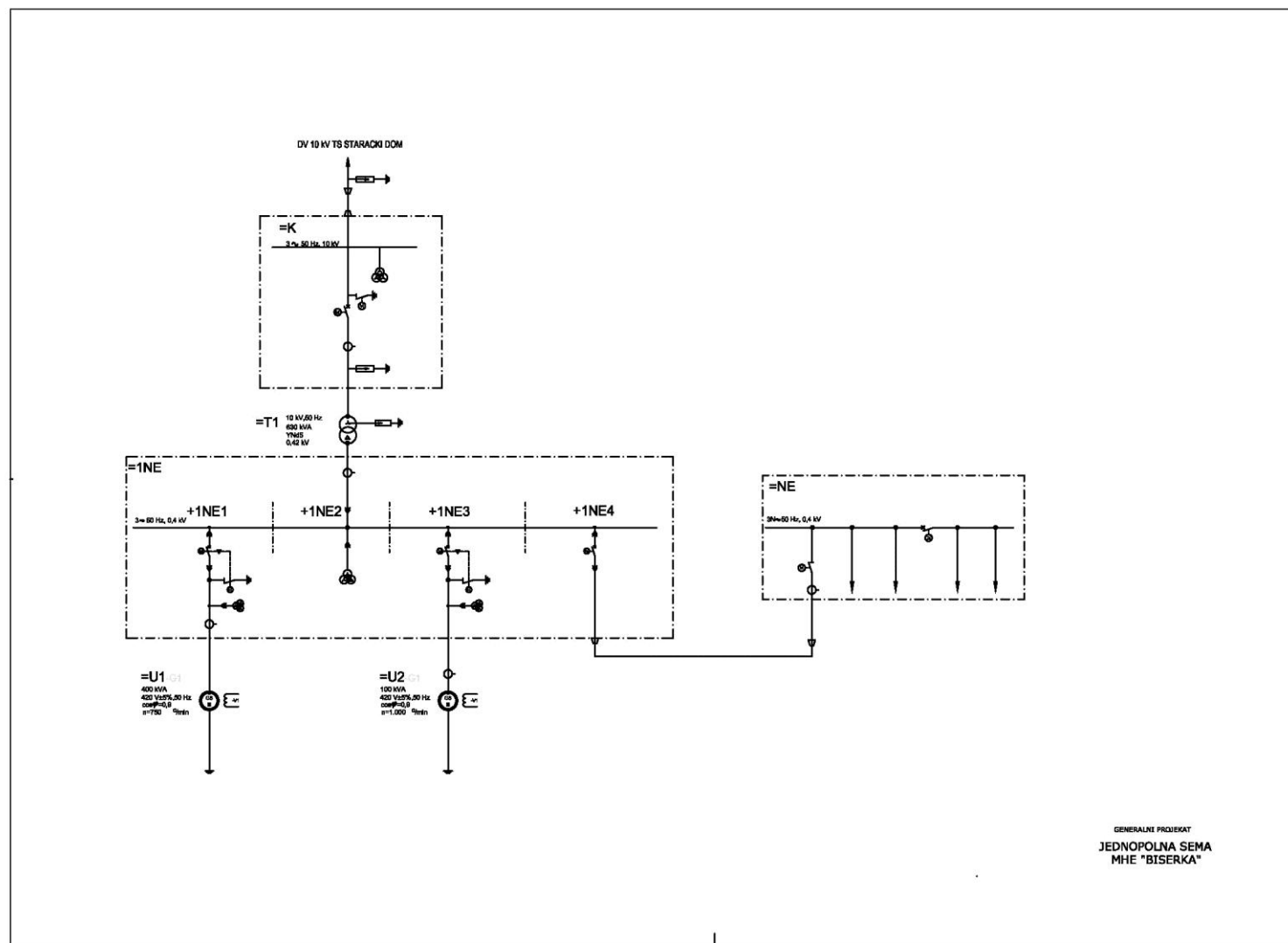
- 1 - MAŠINSKA SALA
- 2 - BEVEL-GEAR CEVNA TURBINA
- 3 - GENERATOR
- 4 - VIŠEDELNI ZATVARAČ TURBINSKOG DOVODA
- 5 - ULAŽNA REŠETKA
- 6 - ELEKTRO ORMANI
- 7 - PROTOČNI TRAKT VEĆEG AGREGATA
- 8 - PROTOČNI TRAKT MANJEG AGREGATA
- 9 - OTVORI ZA MONTAŽU
- 10 - SIFONSKI ZATVARAČ
- 11 - TRANSFORMATOR

6. Osnova mašinske zgrade na koti obrtnog kola

MHE "BISERKA" POPREČNI PRESEK PRELIVNOG PRAGA I SLAPIŠTA



7. Poprečni presek prelivnog praga i slapišta



8. Jednopolna šema MHE