

**Idejno rešenje za izgradnju
Male hidroelektrane Zebica II
0 - Glavna sveska**

Investitor: **Zoran Vukajlović, Prokuplje, Njegoševa br. 8**

Objekat: **Mala hidroelektrana (MHE) "Zebica II"
Đački Potok, mesto Zebica
Opština Kuršumlija
KP 882 KO Zebica**

Vrsta tehničke dokumentacije: **Idejno rešenje (IDR)**

Za građenje / izvođenje radova: **Nova gradnja**

Projektant: **"VUK INŽENJERING", Prokuplje**

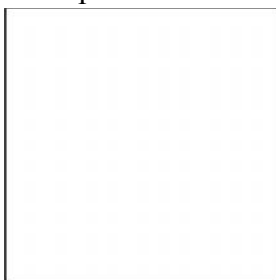
Odgovorno lice projektanta: **Bojana Vukadinović**

Pečat: Potpis



Glavni projektant: **Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.,**
Broj licence: **broj licence IKS: 317838904**

Lični pečat: Potpis:



Broj tehničke dokumentacije: **IDR-MHE-065-0-17**
Mesto i datum: **Prokuplje, maj 2017.**

0.2. SADRŽAJ GLAVNE SVESKE

0.1.	Naslovna strana glavne sveske
0.2.	Sadržaj glavne sveske
0.3.	Odluka o određivanju glavnog projektanta
0.4.	Izjava glavnog projektanta
0.5.	Sadržaj tehničke dokumentacije
0.6.	Podaci o projektantima
0.7.	Opšti podaci o objektu
0.8.	Sažeti tehnički opis

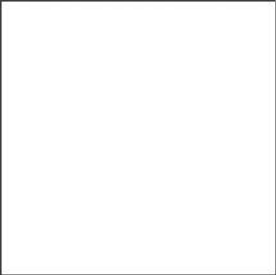
0.3. Odluka o određivanju Glavnog projektanta

Na osnovu člana 128a Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/14 i 145/14) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br. 23/2015) kao:

GLAVNI PROJEKTANT

za izradu IDR - Idejnog rešenja za izgradnju proizvodnog energetskog objekta MHE "Zebica II" u mestu Zebica, opština Kuršumlija, na KP 882, KO Zebica određuje se:

Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ., broj licence IKS: 317838904

Investitor:	Zoran Vukajlović, Prokuplje, Njegoševa br. 8
Odgovorno lice / zastupnik:	Zoran Vukajlović
Pečat:	Potpis:
	
Mesto i datum:	Prokuplje, maj 2017.

0.4. Izjava Glavnog projektanta Idejnog rešenja

Glavni projektant za izradu IDR - Idejnog rešenja za izgradnju proizvodnog energetskeg objekta MHE „Zebica II“ u mestu Zebica, opština Kuršumlija, na KP 882, KO Zebica

Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.

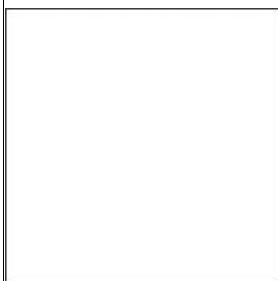
I Z J A V L J U J E M

da su delovi Idejnog rešenja međusobno usaglašeni, da podaci u Glavnoj svesci odgovaraju sadržini projekta,

0	Glavna sveska	br. IDR-MHE-065-0-17
1	Projekat arhitekture	br. IDR-MHE-065-17

Glavni projektant IDR:	Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.
Broj licence	317838904

Lični pečat:



Potpis:

Broj tehničke dokumentacije:

IDR-MHE-065-0-17

Mesto i datum:

Prokuplje, maj 2017.

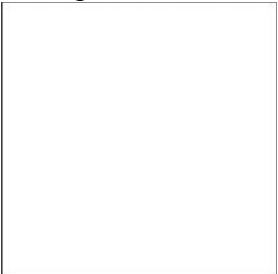
0.5. SADRŽAJ TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

0	Glavna sveska	br: IDR-MHE-065-0-17
1	Projekat arhitekture	br: IDR-MHE-065-0-17

0.6. PODACI O PROJEKTANTIMA

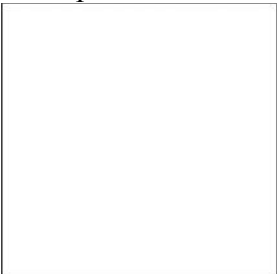
0. GLAVNA SVESKA:

Projektant: "VUK INŽENJERING", Prokuplje
Glavni projektant: Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.
Broj licence: 317838904

Lični pečat:	Potpis:
	

1. Projekat arhitekture :

Projektant: "VUK INŽENJERING", Prokuplje
Glavni projektant: Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.
Broj licence: 317838904

Lični pečat:	Potpis:
	

0.7. OPŠTI PODACI O OBJEKTU I LOKACIJI

Tip objekta:	slobodno-stojeći objekat	
Kategorija objekta:	G	
Klasifikacija pojedinih delova objekta:	učešće u ukupnoj površini objekta (%)	klasifikaciona oznaka:
Mašinska zgrada	90%	230201
Cevovod	%	222210
Vodozahvat	%	221220
Lokalni dalekovod	%	222410
Transformatorska stanica	10%	222420
Naziv prostornog odnosno urbanističkog plana:	Prostorni plan opštine Kuršumlja	
mesto:	Zebica, opštine Kuršumlja	
Spisak katastarskih parcela i katastarska opština:	Mašinska zgrada i betonska-stubna trafostanica - KP 882 KO Zebica, Vodozahvat - KP 1115 KO Zebica, Cevovod pod pritiskom KO Zebica, KP 858, KP 1115, KP 871, KP 869, KP 856, KP 860, KP 861, KP 1110, KP 881, KP 882 KO Zebica	
Spisak katastarskih parcela i katastarska opština preko kojih prelaze priključci za infrastrukturu:	KP 894, KP 1105 KP 111 KO Zebica,	
Spisak katastarskih parcela i katastarska opština na kojoj se nalazi priključak na javnu saobraćajnicu:	KP 894, KP 1105 KO Zebica	
PRIKLJUČCI NA INFRASTRUKTURU:		
priključak na vodovodnu i kanalizacionu mrežu	Nije potrebno komunalno opremiti. Za sanitarne potrebe iznajmiti mobilni toalet.	
priključak na elektroenergetsku mrežu	250kVA/250kVA	

Lokacijski uslovi/dozvola

Lokacijski uslovi		
-------------------	--	--

Saglasnosti

Obavezne saglasnosti		Br: Datum:
----------------------	--	---------------

Osnovni podaci o objektu i lokaciji

Dimenzije objekta	Ukupna površina parcele/parcela novoformirana	735,00m ²
	Ukupna BRGP nadzemno	34,75 m ²
	Ukupna BRUTO izgrađena površina	34,75 m ²
	Ukupna NETO površina	29,83 m ²
	Površina prizemlja	34,75 m ²
	Površina zemljišta pod objektom/zauzetost	34,75 m ² / 0,01
	Spratnost	-P+P(podrum, prizemlje
	Visina slemena objekta prema lokacijskim uslovima	Visina slemena 4,20 od kote 0,00, visina venca 3,10 od kote 0,00
	Apsolutna visinska kota prema lokacijskim usl.	Sleme 495,70mm venac 494,60
	Spratna visina	2,90 m
	Broj funkcionalnih jedinica	1
	Broj parking mesta	2
Materijalizacij objekta	Materijalizacija fasade	Bavalit, kamen
	Orijentacija slemena	jednovodni krov
	Nagib krova	12°
	Materijalizacija krova	TR plastificirani lim
Procenat zelenih površina		83%
Indeks zauzetosti		5%
Indeks Izgrađenosti		0,05
Druge karakteristike objekta	Mašinska zgrada- objekat urađen klasičnim sistemom gradnje (opeka, beton, armatura itd.) betonska-stubna trafostanica	

0.8. Sažeti tehnički opis

Mala hidroelektrana (MHE) „Zebica II“ se nalazi na Đačkom Potoku, u blizini mesta Zebica i na teritoriji opštine Kuršumljija.

MHE „Zebica II“ spada u grupu protočno-derivacionih MHE, što znači da se deo toka Đačkog Potoka skreće u taložnicu a zatim u cevovod pod pritiskom pomoću niskog pregradnog objekata - vodozahvata. Zahvaćena voda se zatim transportuje cevovodom pod pritiskom do mašinske zgrade. U mašinskoj zgradi MHE „Zebica II“, vrši se pretvaranje hidromehaničke energije vode u električnu energiju pomoću agregata sa dvokomornom Crossflow turbinom i sinhronim generatorom. Posle prolaska kroz turbinu MHE „Zebica II“ obrađena voda se pomoću odvodnog kanala vraća u Đački Potok.

Za MHE „Zebica II“ je predviđeno da radi u automatskom režimu, paralelno sa elektroenergetskom mrežom, bez ljudske posade uz mogućnost lokalnog ručnog komandovanja u posebnim situacijama. Za MHE „Zebica II“ takođe je predviđeno da radi u režimu održavanja kote gornje vode u vodozahvatu (regulacija po nivou) i da kompletnu količinu proizvedene električne energije predaje Distributivnom elektroenergetskom sistemu (DEES-u) Republike Srbije.

Lokacija MHE „Zebica II“ je predviđena Prostornim planom opštine Kuršumljija kao lokacija pogodna za izgradnju MHE protočno-derivacionog tipa.

Osnovne tehničke karakteristike MHE „Zebica II“ su:

- Lokacija	Mesto Zebica, opština Kuršumljija
- Srednji protok Đačkog Potoka	0,123m ³ /s
- Biološki minimum	0,012 m ³ /s
- Kota normalnog uspora	529,20 mm
- Kota donjeg nivoa vode (pri Q _{inst})	487,12 mm
- Stepen instalisanosti (Q _{inst} /Q)	1,894
- Bruto pad postrojenja	H _{br} = 42,08 m
- Neto pad postrojenja	H _n = 40,86 m (pri Q _{inst})
- Tip turbina	dvokomorna Crossflow turbina
- Broj turbina	1
- Instalirani proticaj	0,246 m ³ /s
- Instalirana snaga	90 kW
- Prosečna godišnja proizvodnja električne energije	369,0 MWh
- Prečnik cevovoda pod pritiskom (unutrašnji)	450 mm
- Dužina cevovoda pod pritiskom	815 m
- Tip, izlazni napon generatora	90kVAkW
- Snaga generatora	90kVAkW
- Snaga i prenosni odnos energetskog transformatora	250 kVA (10/0,4 kV)
- Izlazni napon MHE	10kV

Glavni projektant,
Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.,
broj licence IKS: 317838904

**Idejno rešenje za izgradnju
Male hidroelektrane Zebica II**

Investitor: **Zoran Vukajlović, Prokuplje, Njegoševa br. 8**

Objekat: **Mala hidroelektrana (MHE) "Zebica II"
Đački Potok, mesto Zebica
Opština Kuršumlija
KP 882 KO Zebica**

Vrsta tehničke dokumentacije: **Idejno rešenje (IDR)**

Za građenje/izvođenje radova: **Nova gradnja**

Projektant: **"VUK INŽENJERING", Prokuplje**
Odgovorno lice projektanta: **Bojana Vukadinović**

Pečat i potpis:

Pečat i potpis: **Odgovorni projektant:
Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.,
broj licence IKS: 317838904**

Broj dela projekta: **IDR-MHE-065-17**
Mesto i datum izrade: **Prokuplje, maj 2017.**

SADRŽAJ:

1.	Opšta dokumentacija	1
1.1.	Naslovna strana	1
1.2.	Sadržaj	2
1.3.	Rešenje o određivanju odgovornog projektanta	4
1.4.	Izjava odgovornog projektanta	5
2.	Uvod	6
3.	Hidrološka analiza velikih, srednjih i malih voda	8
3.1.	Uvod	8
3.2.	Opšti podaci o vodotoku	8
3.3.	Proračun velikih voda	10
3.4.	Analiza kiša jakog intenziteta	10
3.5.	Proračun efektivnih padavina nastalih od kiša jakog intenziteta	11
3.6.	Proračun velikih voda preko sintetičkog jediničnog hidrograma	12
3.7.	Proračun srednjih voda	13
3.7.1.	Proračun srednjih voda po inž. Keller-u	13
3.7.2.	Određivanje srednje vode metodom analogije	14
3.8.	Određivanje malih voda	15
4.	Određivanje osnovnih parametara postrojenja	20
4.1.	Instalisani pad	20
4.1.1.	Ulazni hidrološki podaci	20
4.1.1.1.	Biološki minimum	20
4.1.2.	Bilans voda	20
4.1.3.	Određivanje razmatranog opsega instalisanih proticaja	21
4.2.	Neto pad	21
4.2.1.	Proračun hidrauličkih gubitaka	22
4.2.1.1.	Prečnik cevovoda	22
4.2.1.2.	Lokalni gubici	23
4.2.1.3.	Linijski gubici	23
4.2.1.4.	Ostali hidraulički gubici	23
4.3.	Optimizacija turbinskog postrojenja	24
4.3.1.	Uvod	24
4.3.2.	Izbor tipa, broja i instalisanog proticaja turbina	25
4.4.	Proizvodnja električne energije	29
4.4.1.	Ukupan stepen iskorišćenja MHE	29
4.4.2.	Proračun proizvodnje električne energije	30
5.	Tehnički opis	31
5.1.	Arhitektonski deo	31
5.1.1.	Opis objekta	31
5.1.2.	Konstrukcija	32
5.1.3.	Obrada objekta	32
5.1.3.1.	Zidovi, plafon I podovi	32
5.1.3.2.	Hidroizolacija I termoizolacija	32
5.1.3.3.	Bravarija	32
5.1.3.4.	Ostalo	32
5.2.	Hidrograđevinski deo	32
5.2.1.	Hidraulička šema MHE "Zebica II"	32
5.2.2.	Opis objekata	33
5.2.3.	Osnovne geološke karakteristike lokacije	35
5.2.4.	Proračun osnovnih parametara hidrotehničkih objekata	36
5.2.4.1.	Dimenzionisanje vodozahvatne građevine	36
5.2.4.2.	Visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta	38
5.2.4.3.	Hidraulički skok i spregnute dubine	38

5.2.4.4.	Dužina slapišta	39
5.2.4.5.	Proračun dimenzija vodozahvatnog kanala	39
5.2.4.6.	Propusna moć rešetke vodozahvatnog kanala	40
5.2.4.7.	Proračun otvora za riblju stazu	41
5.2.4.8.	Proračun dimenzija taložnice	42
5.2.4.9.	Proračun propusne moći odvodnog kanala	43
5.3.	Hidromašinski i mašinski deo	44
5.3.1.	Proračun osnovnih parametara turbine	44
5.3.2.	Cevovod pod pritiskom	46
5.3.2.1.	Brzina rasprostiranja udarnog talasa i vreme trajanje faze udara	47
5.3.2.2.	Ekvivalentne visine i ostvareni pritisci	47
5.3.2.3.	Debljina zida cevovoda	48
5.3.2.4.	Ostala hidromašinska, hidromehanička i mehanička oprema	48
5.4.	Elektrotehnički deo	49
5.4.1.	Uvod	49
5.4.2.	Generator i generatorska oprema	49
5.4.3.	Sinhronizacija generatora sa mrežom	50
5.4.4.	Tehnički sistem upravljanja	50
5.4.5.	Električne zaštite	51
5.4.6.	Glavni energetski transformator i kućni transformator	51
5.4.7.	Oprema srednjeg napona	52
5.4.8.	Priključenje MHE „Zebica II“ na DEES	52
5.5.	Pregled tehničkih karakteristika MHE	53
6.	Zaštita prirode i životne sredine	53
6.1.	Uvod	53
6.2.	Specifičnosti tehničkog rešenja MHE „Zebica II“	54
6.2.1.	Konstrukcija riblje staze i sistema za zahvatanje vode	54
6.2.2.	Kvalitet vode	54
6.2.3.	Gabariti i način izvođenja	54
6.2.4.	Zaključak	54
6.3.	Procena uticaja na prirodu i životnu sredinu	55
6.3.1.	Osnovni ulazni podaci	55
6.3.2.	Uticaji tokom izgradnje i eksploatacije MHE	55
6.3.3.	Mogući negativni uticaji na faunu	56
6.4.	Mere zaštite životne sredine	57
6.4.1.	Opšte mere	57
6.4.2.	Posebne mere	58
6.5.	Pozitivni efekti izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“	59
6.5.1.	Uštede u fosilnim gorivima	59
6.5.2.	Smanjenje emisije štetnih gasova	59
6.5.2.1.	Polazni parametri	59
6.5.2.2.	Primenjene metode	60
6.5.2.3.	Rezultati smanjenja emisije štetnih gasova odnosno supstanci	60
6.6.	Zaključak	60
7.	Program istražnih radova	60
7.1.	Geodezija	60
7.2.	Geologija	61
8.	Troškovi izgradnje	62

REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA ARHITEKTONSKOG I HIDROGRAĐEVINSKOG DELA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 - odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13 - odluka US, 50/13 - odluka US, 98/13 - odluka US, 132/14 i 145/14) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br. 23/2015) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu arhitektonskog i hidrograđevinskog dela Idejnog rešenja za građenje elektroenergetskog objekta, Male hidroelektrane "Zebica II", na KP 882, KO Zebica u mestu Zebica, opština Kuršumlija, određuje se:

Bojana Vukdinović, dipl. inž. građ.,
broj licence IKS: **317838904**

Projektant:	"VUK INŽENJERING", Prokuplje
Odgovorno lice/zastupnik:	Bojana Vukdinović
Pečat:	Potpis:
Broj tehničke dokumentacije:	IDR-MHE- 065-17
Mesto i datum:	Prokuplje, maj 2017.

**REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA
ARHITEKTONSKOG I HIDROGRAĐEVINSKOG DELA**

odgovorni projektant arhitektonskog i hidrograđevinskog dela Idejnog rešenja za građenje elektroenergetskog objekta, Male hidroelektrane "Zebica II", na KP 882, KO Zebica u mestu Zebica, opština Kuršumljia

Bojana Vukadinović, dipl. inž. građ.
I Z J A V L J U J E M

1. da su arhitektonski i hidrograđevinski delovi Idejnog rešenja izrađeni u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke
2. da su pri izradi arhitektonskog i hidrograđevinskog dela Idejnog rešenja poštovane sve propisane i utvrđene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat i da su izrađeni u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva
3. da su arhitektonski i hidrograđevinski delovi Idejnog rešenja usklađeni sa njegovim ostalim delovima

Glavni projektant: Bojana Vukdinović, dipl. inž. građ.

Broj licence:	317838904
Lični pečat:	Potpis:
Broj tehničke dokumentacije:	IDR-MHE- 065-17
Mesto i datum:	Prokuplje, maj 2017.

2. Uvod

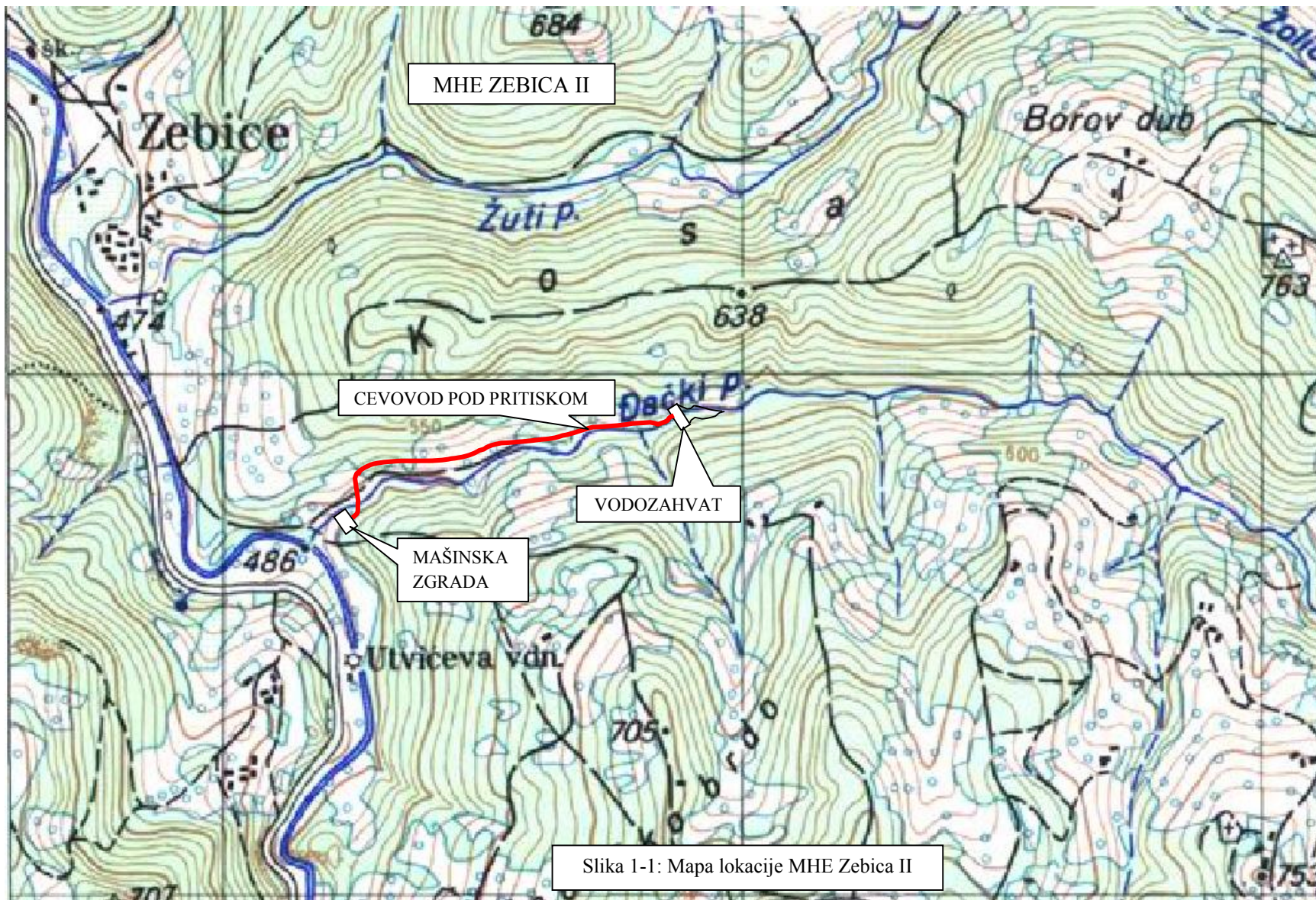
Mala hidroelektrana (MHE) "Zebica II" se nalazi na **Đačkom Potoku u blizini mesta Zebica i na teritoriji opštine Kuršumlja**. Mašinska zgrada (MZ) MHE „Zebica II“ nalazi se na udaljenosti od oko 0,7 km uzvodno od sela Zebica. ĐAČKI POTOK je desna pritoka reke Kosanice..

MHE "Zebica II" spada u grupu protočno-derivacionih MHE što znači da se deo toka Đačkog potoka pomoću VZ-ne građevine preusmerava u taložnicu a iz taložnice u cevovod pod pritiskom. Voda se dalje, pomoću cevovoda pod pritiskom, transportuje do mašinske zgrade u kojoj se vrši pretvaranje hidromehaničke energije vode u električnu energiju pomoću jednog agregata. Zahvaćena voda se nakon prolaska kroz turbinu MHE "Zebica II" preko odvodnog kanala vraća nazad u Đački Potok.

U slučaju MHE "Zebica II" usvojeno je tehničko rešenje sa cevovodom pod pritiskom na kompletnom potezu od VZ-a do MZ ove MHE koji se polaže duž desne i leve obale Đačkog potoka. Primenom ovakvog tehničkog rešenja pojednostavljuje izgradnja MHE "Zebica II" a smanjuju se i troškovi izgradnje. Takođe se i smanjuje uticaj na prirodu i životnu sredinu jer je cevovod pod pritiskom „Zebica II“ skoro u potpunosti ukopan u zemljište.

Na slici 1-1 šematski su prikazani osnovni objekti MHE "Zebica II" ucrtani na topografskoj karti razmere 1:25000.

Izgradnja MHE "Zebica II" se može svrstati u atraktivne projekte jer ova MHE poseduje solidan odnos između troškova izgradnje i instalisane snage (povoljna jedinična cena izgradnje MHE) a ostvaruje se i dobra prosečna godišnja proizvodnju električne energije. Osim toga, MHE „Zebica II“ se može realizovati na tehnički i tehnološki uobičajen odnosno standardan način i relativno jednostavno uklopiti u okolni prostor uz minimalan uticaj na okolnu prirodu i životnu sredinu.



3. Hidrološka analiza velikih, srednjih i malih voda

3.1. U V O D

Investitor planira izgradnju male hidroelektrane „Zebica II” 0,7 km uzvodno od sela Zebica, opština Kuršumlja.

Za ovu hidroelektranu planira se zahvatanje vode iz Đačkog potoka, za šta je već dobijen Meteorološki izveštaj RHMZ Srbije, br. 925-2-214 od 29.12.2016. godine. Za ovaj vodozahvat date su koordinate.

Na mestu vodozahvata na ovom potoku biće urađeni „tirolski preliv” – vodozahvat. Za profil vodozahvata na ovom potoku urađena je hidrološka analiza velikih, srednjih i malih voda.

3.2. OPŠTI PODACI O VODOTOKU

ĐAČKI POTOK je desna pritoka reke Kosanice. Profil vodozahvata nalazi se na topografskoj karti Ivan Kula (152-2-2), R 1:25.000 (sa koordinatama $y = 7.531.887$ i $x = 4.758.905$). Sa ove karte su određene i fizičko - geografske karakteristike sliva i vodotoka, potrebne za proračun velikih, srednjih i malih voda.

- Površina sliva do profila vodozahvata	F = 12,51 km ²
- Dužina glavnog toka	Lt = 4,35 km
- Dužina toka od pr. izliva do težišta sliva, po toku	Lc = 3,68 km
- Kota na profilu vodozahvata	Nu = 527,2 mm
- Kota izvorišta	Nizv = 890 mm
- Najviša kota na slivu	Nsl = 1368 mm
- Apsolutni pad toka	It = 10,51 %
- Uravnati pad toka	Iur = 5,16 %
- Srednja godišnja visina padavina (1981-2010)...	Hgod = 660,0 mm

Prosečne mesečne i godišnje atmosfere padavine (u mm) u periodu 1981-2010. godin

месец/година станица	Блажево	Копаоник	Куришумлија	Пачарађа	Луково	Селова	Сеоце	Штава	Трењак	Просек падавина збирно за све станице
Јануар	52,2	60,9	42,3	42,1	50,5	42,7	51,4	60,5	43,6	49,6
Фебруар	49,8	65,0	42,6	39,5	46,4	41,7	58,2	54,7	41,9	48,9
Март	61,4	74,1	45,5	58,8	61,9	50,0	86,0	71,5	48,9	62,0
Април	69,9	88,1	54,9	61,5	65,7	56,4	46,9	88,7	59,9	65,8
Мај	83,3	113,6	65,3	72,9	70,2	87,5	83,7	100,7	67,0	82,7
Јун	88,3	107,9	65,4	81,7	74,4	66,4	106,2	97,1	62,9	83,4
Јул	72,8	90,3	65,2	73,6	58,3	55,4	60,6	85,5	51,9	68,2
Август	66,0	79,8	44,4	51,2	42,3	42,7	55,4	68,5	41,9	54,7
Септембар	69,1	83,7	52,1	55,8	53,9	48,3	56,8	69,1	50,5	59,9
Октобар	61,0	68,7	49,0	51,5	60,2	48,3	99,6	68,1	41,8	60,9
Новембар	77,7	82,1	61,9	62,2	74,9	62,5	73,7	83,0	63,6	71,3
Децембар	65,7	74,8	58,7	59,8	64,4	58,3	92,7	83,1	59,0	68,5
Година	818,2	988,8	647,4	710,5	723,6	660,1	908,3	930,3	633,3	780,0

Srednja vrednost (X) za period 1951-2010 u mm, srednja vrednost (x) za period 1961-1990 u mm, razlika proseka za ceo period i normalu ($d=H-h$), standardna devijacija (S), koeficijent varijacije (Cv) i koeficijent asimetrije (Cs) za analizirane godišnje nizove padavinskih suma u periodu 1951-2010.

Станица	X	x	d	S	Cv	Cs
Палић	560.3	539.2	21.1	123.9	0.22	0.46
Кикинда	554.0	535.3	18.7	106.6	0.19	-0.25
Сомбор	607.2	583.5	23.8	128.4	0.21	0.65
Зрењанин	583.7	556.6	27.1	120.1	0.21	0.17
Римски Шанчеви	625.6	577.0	48.6	150.3	0.24	0.55
Вршац	659.6	647.2	12.4	137.3	0.21	0.20
Сремска Митровица	629.2	615.0	14.3	126.1	0.20	0.16
Београд	698.2	685.0	13.2	131.4	0.19	0.10
Велико Градиште	637.0	615.0	22.0	126.0	0.20	-0.23
Лозница	844.8	819.6	25.1	125.0	0.15	-0.08
Смедеревска Паланка	646.0	638.5	7.5	113.9	0.18	-0.06
Ваљево	806.6	809.3	-2.7	165.1	0.20	1.84
Неготин	652.6	642.9	9.7	126.8	0.19	-0.21
Крагујевац	635.8	632.5	3.3	111.3	0.18	0.10
Туприја	662.6	649.5	13.1	118.5	0.17	0.35
Зајечар	611.1	600.1	11.0	120.8	0.18	0.11
Пожега	737.1	739.6	-2.4	116.2	0.20	-0.05
Златибор	972.5	963.2	9.3	142.7	0.16	0.08
Краљево	763.7	761.4	2.4	122.5	0.15	0.22
Крушевац	648.4	634.7	13.8	135.4	0.16	0.90
Ниш	592.9	588.2	4.7	97.4	0.21	0.01
Копаоник	977.1	963.9	13.2	171.9	0.16	1.03
Сјеница	734.5	707.1	27.4	122.1	0.18	0.25
Куришумлија	660.0	639.9	20.0	119.8	0.17	0.30
Димитровград	645.7	636.9	8.8	108.5	0.18	-0.45
Лесковац	627.7	602.8	24.9	108.3	0.17	0.29
Врање	611.8	614.0	-2.3	110.8	0.17	-0.06

3.3. PRORAČUN VELIKIH VODA

Đački potok u ovom delu toka spada u vodotoke bez hidroloških osmatranja, pa će se proračun velikih voda uraditi metodom jediničnog sintetičkog hidrograma, sa vezom padavine oticaj, preko SCS metode.

Postupak koji je primenjen za proračunu velikih voda Volujac potoka, koristi se za proračun hidrološki neizučenihi slivova, a bazira se na karakteristikama sliva i analizi kiša jakog intenziteta, analizi oticanja i sintetičkog jediničnog hidrograma.

3.4. Analiza kiša jakog intenziteta

Ordinate raspodele verovatnoće sloja i intenziteta kiša različitog trajanja za područje opštine Kuršumljia, na osnovu merenja na Meteorološkoj stanici Kuršumljia, u periodu 1952-2015. godina, koja su merodavna za predmetnu lokaciju male hidroelektrane, dati su od RHMZ-a, Sektor nacionalnog centra za klimatske promene i date su u prilogu broj 1.

Podaci su izdati na osnovu merenja i osmatranja na GMS kuršumljia, koja je reprezentativna za traženo područje.

Merodavne računski kiše za proračun velikih voda

Tabela 1.

Verovatnoća pojave	<i>p</i> 0,1%	<i>p</i> 1%	<i>p</i> 2%	<i>p</i> 5%
Maksimalne dnevne padavine Hd(<i>p</i>) u mm	99,1	68,7	63,3	52,5

Kiše kratkog trajanja, manjeg od jednog dana merodavne su za razmatrani sliv sloj kiše $H(t,p)$ – (trajanja t i verovatnoće pojave p) određen je preko modela, koji je dat izrazom

$$H(t,p) = \frac{t}{1440} \times \frac{(1440 \cdot a + 1)^b}{(a \cdot t + 1)^b} \times Hd(p)$$

gde su: t – trajanje kiše

a i b – parametri modela: $a = 0,30$;
 $b = 0,84$ – očitani sa karte izolirija;

$Hd(p)$ – maksimalna dnevna suma padavina, verovatnoće pojave p (%) i izražena u mm.

Ovaj model urađen je u Republičkom hidrometeorološkom zavodu Srbije i objavljen u ‘‘Građevinskom kalendaru za 1994-1995 godinu – karakteristike jakih kiša za teritoriju Srbije’’, D.Janković.

3.5. Proračun efektivnih padavina nastalih od kiša jakog intenziteta

Određivanje efektivnih padavina P_{ef} p (%) nastalih od kiša jakog intenziteta izvršeno je po metodi SCS koju je razvio Biro za očuvanje zemljišta (SAD) i predstavlja najpouzdaniji način za određivanje neto kiša, jer uzima u obzir značajne uslove oticanja u slivu, kao što su: karakteristike zemljišta, uslove prethodne vlažnosti tla, vegetacioni pokrivač i način obrade poljoprivrednog zemljišta. Uzimajući u obzir nabrojane faktore, izračunat je broj krive, koja definiše zavisnost padavina od oticaja – CN – (Curve Number).

Za hidrološku grupu C – smeđa zemljišta na različitim podlogama, blago kisele do kisele reakcije (organski krečnjaci, konglomerati, peščari i laporci)

Tabela 2.

Biljni kompleks	CN	% od površine	(2) x (3)
1.	2.	3.	4.
Oranice	79	2,50	197,50
Voćnjaci	60	3,50	210,00
Livade i pašnjaci	72	25,16	1.811,52
Niska šuma i šikara	66	23,24	1.533,84
Šuma prekinutog sklopa	74	29,80	2.205,52
Šikara - kamenjar	84	15,80	1.327,20
	SUMA:	100,00 %	7.285,58

Prosečno CN = $7.285,58/100 = 73$

Nadprosečno CN = 79 (III uslov – nadprosečni uslovi prethodne vlažnosti zemljišta)

Za poznatu vrednost CN, efektivne kiše se određuju pomoću izrara:

$$P_{ef}(t, p) = \frac{(H(t, p) - 0,2d)^2}{(H(t, p) + 0,8d)} (mm)$$

Gde su: $P_{ef}(t, p)$ – efektivne (neto) kiše

$H(t, p)$ – bruto kiše

d – deficit oticanja

$$d = \left[\frac{1000}{CN} - 10 \right] \times 25,4 (mm)$$

$$d = \left[\frac{1000}{79} - 10 \right] \times 25,4$$

$$d = 67.519mm$$

3.6. Proračun velikih voda preko sintetičkog jediničnog hidrograma

Proračun velikih voda karakterističnih verovatnoća izvršen je prema sledećem izrazu

$$Q_{\max}(p\%) = q_{\max} \times P_{\text{ef } p}(\%) \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

Gde je:

q_{\max} – maksimalna ordinata sintetičkog jediničnog hidrograma izražena u ($\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{mm}$);

$P_{\text{ef } p}(\%)$ – efektivna kiša obezbeđenosti p (%) izražena u mm

Predpostavlja se trougaoni oblik sintetičkog hidrograma, a maksimalna ordinata jediničnog hidrograma se izračunava prema izrazu:

$$q_{\max} = 0,56 \frac{Fsl}{(0,5xTk + tp)(1 + K)} \quad (\text{m}^3 / \text{sec} \cdot \text{mm})$$

Pri čemu je: T_k – trajanje kiše (čas)

t_p – vreme kašnjenja sliva (čas)

$K = 1,04$ bezdimenzionalni koeficijent

- Vreme kašnjenja sliva (čas)

$$t_p = 0,751 \left[\frac{L_t x L_c}{\sqrt{I_{ur}}} \right]^{0,336} \quad (\text{čas})$$

Gde su:

- $L_t = 4,35$ km – dužina toka;
- $L_c = 3,68$ km – dužina toka od zadatog profila do težišta sliva, po toku;
- $I_{ur} = 5,16$ % - uravnati pad toka

$$t_p = 0,751 \left[\frac{4,35 x 3,68}{\sqrt{5,16}} \right]^{0,336}$$

$$t_p = 1,447 \quad \text{čas}$$

- Određivanje bezdimenzionalnog koeficijenta K

$$K = 0,70(T_c + 20)^{0,125}$$

T_c – koncentracija vode u slivu

$$Tc = \left[0,868 \frac{Lt^2}{It(\%)} \right]^{0,385}$$

$$Tc = \left[0,868 \frac{4,35^2}{10,51} \right]^{0,385}$$

Tc = 0,37 čas

$$K = 0,70(0,37 + 20)^{0,125}$$

$$K = 1,048$$

Na osnovu izloženog, proticaji karakterističnih verovatnoća p(%) dati su u Tabeli 3.

Karakteristični proticaji velikih voda

Tabela 3.

Vodotok	Profil	Q0,1% (m ³ /sec)	Q1% (m ³ /sec)	Q2% (m ³ /sec)	Q5% (m ³ /sec)
Đački Potok	Vodozahvat	31,44	14,17	11,61	7,12

U prilogu broj 2. data je procedura proračuna velikih voda metodom sintetičkog jediničnog hidrograma za različita vremena Tk (trajanje kiše), a usvojeno je kao merodavno vreme za koje zavisnost Qmax (pT) dostigne maksimum.

3.7. Proračun srednjih voda

3.7.1. Proračun srednjih voda po inž. Keller-u

Za bujične slivove vrlo jake konfiguracije

$$Q_{god} = (H_{god} - 350) \times 1000 \times F \quad (m^3/god)$$

$$H_{god} = 660,0 \text{ mm} - \text{za područje sliva Đačkog potoka}$$

$$F = 12,51 \text{ km}^2$$

$$Q_{god} = 3.878.100 \text{ m}^3/god$$

Srednja godišnja voda je

$$Q_{sr} = \frac{Q_{god}}{31.536 \times 10^6} \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$\underline{Q_{sr} = 0,123 \text{ m}^3/\text{sec}}$$

Specifično oticanje

$$q_o = \frac{10^3}{F} \times Q_{sr}$$

$$\underline{q_o = 9,83 \text{ l/sec/km}^2}$$

3.7.2. Određivanje srednje vode metodom analogije

Za ovu svrhu korišćeni su podaci za reku Toplicu koja ima hidrološka osmatranja i merenja u slivu:

- Profil Pepeljevac

$$Q_{sr} = 6,40 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$q_o = 6,63 \text{ l/sec/km}^2$$

- Iz Nacrta vodoprivredne osnove SR Srbije – jun 1987. godine

Karta 1. specifično oticanje – za Đački potok

$$q_o = 13,5 \text{ l/sec/km}^2$$

Usvojena srednja vrednost specifičnog oticanja za ovaj potok je

$$\mathbf{q_o = 6,79 \text{ l/sec/km}^2}$$

pa je srednja voda u profilu vodozahvata:

$$Q_{sr} = q_o \times F / 1000$$

$$Q_{sr} = 9,95 \times 12,51 / 1000$$

$$\underline{Q_{sr} = 0,123 \text{ m}^3/\text{sec}}$$

3.8. Određivanje malih voda

Karakterističan proticaj malih voda određen je ocenom preko srednjih voda

$$Q_{\min 95\%} = 0,10 Q_{sr} \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\min 95\%} = 0,10 \times 0,123$$

$$\underline{Q_{\min 95\%} = 0,0123 \text{ m}^3/\text{sec} = 12,3 \text{ l/sec}}$$

Prilog broj 2.

Rezultati proračuna velikih voda metodom sintetičkog jediničnog hidrograma					
Vodotok: Đački potok; Profil: Vodozahvat za MHE Zebica II					
T (min)	T (čas)	qmax (m ³ /sec mm)	Pbr (mm)	Pef (mm)	Qmax (m ³ /sec)
Verovatnoća pojave p = 0,1%; povratni period T = 1000 godina					
10.000	0.167	2.235	35.207	5.279	11.798
20.000	0.333	2.119	44.006	9.491	20.116
30.000	0.500	2.015	48.920	12.185	24.557
40.000	0.667	1.921	52.325	14.172	27.225
50.000	0.833	1.835	54.938	15.757	28.916
60.000	1.000	1.757	57.064	17.082	30.006
70.000	1.167	1.685	58.861	18.226	30.701
80.000	1.333	1.618	60.420	19.235	31.124
90.000	1.500	1.557	61.800	20.140	31.353
100.000	1.667	1.500	63.040	20.963	31.442
110.000	1.833	1.447	64.167	21.719	31.427
120.000	2.000	1.398	65.201	22.418	31.334
130.000	2.167	1.352	66.157	23.070	31.183
140.000	2.333	1.309	67.046	23.681	30.989
150.000	2.500	1.268	67.879	24.256	30.761
160.000	2.667	1.230	68.662	24.800	30.508
170.000	2.833	1.194	69.401	25.317	30.238
180.000	3.000	1.161	70.102	25.809	29.954
190.000	3.167	1.129	70.768	26.279	29.661
200.000	3.333	1.098	71.403	26.729	29.361

**Rezultati proračuna velikih voda metodom
sintetičkog jediničnog hidrograma**

Vodotok: Đački potok; Profil: Vodozahvat za MHE Zebica II

T (min)	T (čas)	qmax (m ³ /sec mm)	Pbr (mm)	Pef (mm)	Qmax (m ³ /sec)
------------	------------	----------------------------------	-------------	-------------	-------------------------------

Verovatnoća pojave p = 1%; povratni period T = 100 godina

10.000	0.167	2.235	24.407	1.516	3.388
20.000	0.333	2.119	30.506	3.420	7.249
30.000	0.500	2.015	33.913	4.737	9.547
40.000	0.667	1.921	36.274	5.742	11.031
50.000	0.833	1.835	38.085	6.561	12.040
60.000	1.000	1.757	17.082	7.255	12.744
70.000	1.167	1.685	18.226	7.860	13.241
80.000	1.333	1.618	19.235	8.400	13.591
90.000	1.500	1.557	20.140	8.887	13.834
100.000	1.667	1.500	20.963	9.332	13.997
110.000	1.833	1.447	21.719	9.743	14.099
120.000	2.000	1.398	22.418	10.126	14.153
130.000	2.167	1.352	23.070	10.484	14.171
140.000	2.333	1.309	23.681	10.820	14.159
150.000	2.500	1.268	24.256	11.138	14.125
160.000	2.667	1.230	24.800	11.440	14.073
170.000	2.833	1.194	25.317	11.728	14.007
180.000	3.000	1.161	25.809	12.002	13.930
190.000	3.167	1.129	26.279	12.265	13.843
200.000	3.333	1.098	26.729	12.517	13.749

**Rezultati proračuna velikih voda metodom
sintetičkog jediničnog hidrograma**

Vodotok: Đački potok; Profil: Vodozahvat za MHE Zebica II

T (min)	T (čas)	qmax (m ³ /sec mm)	Pbr (mm)	Pef (mm)	Qmax (m ³ /sec)
------------	------------	----------------------------------	-------------	-------------	-------------------------------

Verovatnoća pojave p = 2%; povratni period T = 50 godina

10.000	0.167	2.235	22.489	1.055	2.358
20.000	0.333	2.119	28.109	2.597	5.505
30.000	0.500	2.015	31.247	3.692	7.442
40.000	0.667	1.921	33.422	4.538	8.717
50.000	0.833	1.835	35.091	5.230	9.598
60.000	1.000	1.757	36.449	5.820	10.223
70.000	1.167	1.685	37.597	6.336	10.674
80.000	1.333	1.618	38.593	6.797	10.999
90.000	1.500	1.557	39.475	7.215	11.231
100.000	1.667	1.500	40.267	7.597	11.394
110.000	1.833	1.447	40.987	7.950	11.504
120.000	2.000	1.398	41.647	8.280	11.572
130.000	2.167	1.352	42.258	8.588	11.608
140.000	2.333	1.309	42.826	8.878	11.618
150.000	2.500	1.268	43.358	9.153	11.608
160.000	2.667	1.230	43.858	9.414	11.581
170.000	2.833	1.194	44.330	9.662	11.541
180.000	3.000	1.161	44.777	9.900	11.490
190.000	3.167	1.129	45.203	10.127	11.431
200.000	3.333	1.098	45.608	10.346	11.365

**Rezultati proračuna velikih voda metodom
sintetičkog jediničnog hidrograma**

Vodotok: Đački potok; Profil: Vodozahvat za MHE Zebica II

T (min)	T (čas)	qmax (m ³ /sec mm)	Pbr (mm)	Pef (mm)	Qmax (m ³ /sec)
------------	------------	----------------------------------	-------------	-------------	-------------------------------

Verovatnoća pojave p = 5%; povratni period T = 20 godina

10.000	0.167	2.235	18.652	0.365	0.815
20.000	0.333	2.119	23.313	1.244	2.637
30.000	0.500	2.015	25.916	1.927	3.884
40.000	0.667	1.921	27.720	2.473	4.750
50.000	0.833	1.835	29.104	2.928	5.373
60.000	1.000	1.757	30.230	3.321	5.834
70.000	1.167	1.685	31.182	3.668	6.179
80.000	1.333	1.618	32.009	3.981	6.441
90.000	1.500	1.557	32.740	4.265	6.640
100.000	1.667	1.500	33.397	4.527	6.790
110.000	1.833	1.447	33.994	4.770	6.903
120.000	2.000	1.398	34.541	4.998	6.985
130.000	2.167	1.352	35.048	5.211	7.044
140.000	2.333	1.309	35.519	5.413	7.084
150.000	2.500	1.268	35.960	5.605	7.108
160.000	2.667	1.230	36.375	5.787	7.119
170.000	2.833	1.194	36.767	5.961	7.120
180.000	3.000	1.161	37.138	6.128	7.112
190.000	3.167	1.129	37.490	6.288	7.097
200.000	3.333	1.098	37.827	6.442	7.076

4. Određivanje osnovnih parametara postrojenja

4.1. Instalirani pad

4.1.1. Ulazni hidrološki podaci

U prethodno prezentovanoj Hidrološkoj studiji definisani su karakteristični računski proticaji Đačkog Potoka u profilu VZ MHE „Zebica II“ koji su bitni za određivanje instalisanog proticaja turbina MHE.

Proračunska vrednost prosečnog proticaja

Reka/profil	Qsr (m ³ /sec)
Đački Potok/VZ MHE „Zebica II“	0,123

4.1.1.1. Biološki minimum

Biološki minimum odnosno garantovani proticaj Đačkog Potoka u profilu VZ MHE "Zebica II" iznosi, **10%Q_{sr}**, odnosno,

$$Q_{\min 95\%} = 0,0123 \text{ m}^3/\text{sec} = 12,3 \text{ l/sec}$$

4.1.2. Bilans voda

Opšta jednačina bilansa voda koja važi za sve vrste pregradnih građevina na vodotocima (brane, ustave, VZ-i itd.), glasi,

$$\frac{\Delta V_{ac}}{\Delta t} = \sum_n I_k - \sum_m O_l$$

gde je,

$$\frac{\Delta V_{ac}}{\Delta t}$$

- promena zapremine akumulacije u definisanom vremenskom periodu

$$\sum_n I_k$$

- suma svih priliva vode u akumulaciju (ulazne komponente)

$$\sum_m O_l$$

- suma svih odliva vode iz akumulacije (izlazne komponente)

Prethodno je već navedeno da se izgradnjom VZ-a MHE „Zebica II“ na Đačkom Potoku ne formira akumulaciono jezero već se samo podiže postojeći nivo vode za oko **0,5 m**. To je posledica procesa kojim se nakon izgradnje VZ-a tokom kratkog vremenskog perioda prostor neposredno iznad njega popunjava rečnim nanosom (pesak, kamenje, organski materijal itd.) tako da ne dolazi do akumuliranja vode. Odavde dalje sleduje da je leva strana prethodno navedene jednačine bilansa voda jednaka nuli odnosno $\Delta V_{ac}/\Delta t = 0$.

Na osnovu svega prethodno navedenog pomenuta jednačina bilansa voda u slučaju MHE „Zebica II“ se svodi na,

$$Q_w = Q_{sh} + Q_{bm} + Q_e$$

gde je,

Q_w - dotok vode u VZ- u m³/s

Q_{sh} - količina vode koja se zahvata za potrebe ra da turbina MHE i koja ne može biti veća od ukupnog instalisanog proticaja (Q) u m³/s

Q_{bm} - količina vode koja se ispušta za potrebe biološkog minimuma u m³/s

Q_e - višak vode koji preliva preko VZ-a (tokom vodnih perioda) i koji je jednak razlici između trenutno prispele količine vode u VZ- i maksimalno zahvaćene količine vode za potrebe rada turbine i količine vode koja se izdavanja za biološki minimum izražene u m³/s.

Uzimajući u obzir ovu jednačinu može se zaključiti da se kompletna količina vode koja koritom Đačkog Potoka dolazi do VZ-a MHE „Zebica II“ raspodeljuje na, količinu vode potrebnu za biološki minimum i količinu vode potrebne za rad turbine (maksimalno do instalisanog proticaja turbine MHE „Zebica II“) dok se sav višak vode, u slučaju da postoji, preliva preko preliva VZ-a. Prelivena voda zajedno sa biološkim minimumom dalje teče koritom Đačkog Potoka nizvodno od VZ-a MHE „Zebica II“.

4.1.3. Određivanje instalisanog proticaja

Vrednost instalisanog proticaja kroz turbinsko postrojenje MHE „Zebice II“ u iznosu od,

$$Q_{inst} = 2,0 \times Q_{sr} = 2 \times 0,123 = 0,246 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Napomena: *Prethodno određena vrednost instalisanog proticaja kroz turbinsko postrojenje MHE „Zebice II“ biće dodatno proverena (u smislu optimizacije) prilikom proračuna prosečne godišnje proizvodnje električne energije ove MHE.*

4.2. Neto pad

Instalisana snaga MHE zavisi od više parametara pri čemu su najvažniji instalisani proticaj kroz turbinsko postrojenje, stepen iskorišćenja primenjenih agregata pri instalisanom proticaju i neto pad. Opseg instalisanih proticaja kroz turbinsko postrojenje MHE „Zebica II“ određen je u prethodnom poglavlju tako da je u ovom trenutku potrebno odrediti još i neto pad.

Bruto pad postrojenja je definisan fizičko-topografskim karakteristikama lokacije i može se dobiti na osnovu razlike kote gornje vode odnosno kote normalnog uspora (KNU) i kote donje vode (KDV). Za MHE „Zebica II“, **KNU** iznosi **529,20 mmm** a **KDV** iznosi **487,12 mmm**. Na osnovu ovih vrednosti može se izračunati da bruto pad „Zebica II“ iznosi **H_B = 42,08 m**.

Neto pad postrojenja se određuje tako što se od bruto pada postrojenja oduzmu ukupni hidraulički gubici u sistemu za transport vode MHE i "gubici" (smanjenje pada) koji nastaju kao posledica konstruktivnog rešenja turbina i mašinske zgrade sa odvodnim kanalima.

4.2.1. Proračun hidrauličkih gubitaka

U slučaju „Zebica II“ kompletan sistem za transport vode praktično čini njen cevovod pod pritiskom. Navedeno rešenje je usvojeno kao optimalno uzimajući u obzir sve specifičnosti i uslove važeće za lokaciju MHE „Zebica II“.

Ukupni hidraulički gubici u cevovodu pod pritiskom zavise od više parametara a njihova vrednost se može odrediti na osnovu izraza,

$$\Delta H_{GCP} = \left(\xi_{ul} + \sum \xi_a + \sum \xi_{kv} + \sum \xi_{kh} + \lambda \frac{L_c}{D_c} \right) \cdot \frac{V_c^2}{2g}$$

gde je,

ξ_{ul} - koeficijent gubitka na ulazu u cevovod (ulazna građevina)

$\sum \xi_a$ - sumarni koeficijent gubitaka na armaturnim elementima cevovoda

$\sum \xi_{kv}$ - sumarni koeficijent gubitaka u tačkama vertikalnog skretanja cevovoda

$\sum \xi_{kh}$ - sumarni koeficijent gubitaka u tačkama horizontalnog skretanja cevovoda

D_c - unutrašnji prečnik cevovoda pod pritiskom

L - dužina cevovoda pod pritiskom λ - koeficijent linijskih gubitaka

λ - koeficijent linijskih gubitaka

V_c - brzina vode u cevovodu

4.2.1.1. Prečnik cevovoda

Na osnovu prethodno navedenog izraza za ukupne hidrauličke gubitke, može se zaključiti da jedan od parametara koji najviše utiču na hidrauličke gubitke u cevovodu pod pritiskom, jeste njegov unutrašnji prečnik D_c .

Postoji više metoda za određivanje optimalnog prečnika cevovoda a uobičajeno se koristi metoda pod nazivom "Određivanje ekonomskog prečnika cevovoda". Prema ovoj metodi optimalni odnosno ekonomski prečnik cevovoda pod pritiskom D_{Copt} dobija se na osnovu izraza,

$$D_{Copt} = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot Q_{inst}^3}{H_b}}$$

gde je,

Q_r - Radni proticaj kroz cevovod (instalirani proticaj turbine odnosno turbina)

H_b - Bruto pad postrojenja

Zamenom brojnih vrednosti važećih za MHE „Zebica II“, ($Q_r = Q_{inst} = 0,246 \text{ m}^3/\text{s}$ i $H_b = 42,08 \text{ m}$) u prethodno navedeni izraz, može se izračunati da ekonomski prečnik cevovoda pod pritiskom u ovom slučaju iznosi, 0,385 m. Na osnovu ove vrednosti i navedene vrednosti instaliranog proticaja „Zebica II“ dalje se može izračunati da brzina vode u ovakvom cevovodu iznosi, 2,00 m/s. Dobijena vrednost brzine vode u cevovodu pod pritiskom MHE „Zebica II“ ekonomskog prečnika je relativno velika. Međutim prethodno izračunata vrednost brzine vode je veća od uobičajenih vrednosti za brzinu vode koje se u ovakvim cevovodima obično kreću u opsegu od, 1,20 do 1,80 m/s. Uzimajući u obzir ove činjenice može se zaključiti da bi u slučaju primene prethodno izračunatog "ekonomskog" prečnika, ukupni hidraulički gubici u cevovodu pod pritiskom MHE „Zebica II“ bili relativno veliki a njena instalirana snaga i prosečna godišnja proizvodnja električne energije značajno manja.

Sa druge strane povećanje unutrašnjeg prečnika cevovoda pod pritiskom u odnosu na prethodno izračunati ekonomski prečnik pored smanjenja gubitaka dovodi i do drastičnog povećanja troškova izgradnje MHE tako da je u ovakvim slučajevima uvek nužno napraviti odgovarajući kompromis.

Na osnovu svega prethodno navedenog i uz uslov da se ukupan gubitak pada MHE „Zebica II“ kreće u opsegu od **8,00%** do **12,00%**, usvaja se vrednost unutrašnjeg prečnika cevovoda pod pritiskom u iznosu od **Dci = 0,45 m** sa debljinom zida cevi od **δc = 7,9 mm**.

Navedene vrednosti unutrašnjeg prečnika i debljine zida cevi su izabrane kao prve veće vrednosti iz odgovarajućeg standardizovanog kataloga.

4.2.1.2. Lokalni gubici

U svim tačkama u kojima dolazi do promene pravca (skretanja) cevovoda dolazi i do pojave gubitaka. Gubici u horizontalnim i vertikalnim uglovima skretanja cevovoda ($\Sigma \xi_{kh} + \Sigma \xi_{kv}$) nazivaju se lokalnim gubicima.

Gubitak pada odnosno pritiska koji nastaje usled promene smeru cevovoda u nekoj tački, standardno se može izračunati pomoću formule Vajsbaha (Weisbach-a), koja glasi,

$$\xi_{kh/v} = 0,946 \cdot \sin^2 \frac{\alpha_{kh/v}}{2} + 2,05 \cdot \sin^4 \frac{\alpha_{kh/v}}{2}$$

gde je,

- $\xi_{kh/v}$, koeficijent lokalnih gubitaka usled horizontalnog/vertikalnog skretanja cevovoda

- $\alpha_{kh/v}$, horizontalni/vertikalni ugao skretanja cevovoda

Sabiranjem koeficijenata pojedinačnih lokalnih gubitaka dobija se sumarni koeficijent lokalnih gubitaka u tačkama horizontalnog skretanja, cevovoda pod pritiskom MHE „Zebica II“ u iznosu od, $\Sigma \xi = 1,35$.

Napomena: Uzimajući u obzir da su vertikalni uglovi skretanja cevovoda pod pritiskom daleko manji od horizontalnih u ovom slučaju se za ukupne gubitke usled vertikalnih skretanja cevovoda pod pritiskom usvaja vrednost od $\Sigma \xi_{kv} = 0,135$ (10% $\Sigma \xi_{kh}$).

4.2.1.3. Linijski gubici

Koeficijent linijskih gubitaka λ za glatke cevovode po Maningu (Manning), može se izračunati na osnovu izraza,

$$\lambda = 124,6 \cdot \frac{C_t^2}{\sqrt[3]{D}}$$

gde je,

C t - koeficijent trenja

D - unutrašnji prečnik cevovoda

Koeficijent trenja **C t** se za čelične cevovode kreće u rasponu od **0,011** do **0,013** a za potrebe ove analize biće usvojena vrednost od **0,012**.

Zamenom brojnih vrednosti u slučaju MHE Zebica II za koeficijent linijskih gubitaka λ dobija se vrednost, 0,01977.

4.2.1.4. Ostali hidraulički gubici

Osim lokalnih i linijskih gubitaka u cevovodu pod pritiskom MHE „Zebica II“ potrebno je uračunati još i gubitke na ulasku u cevovod i gubitke u armaturnim elementima cevovoda (npr. predturbinski zatvarač, reducir prečnika itd.). U slučaju MHE „Zebica II“ vrednosti navedenih koeficijenata gubitaka

iznose $\xi_{ul}=0,50$ (ulazna građevina, zvonastog oblika) i $\xi=0,35$ (tablasti zatvarač na ulazu u cevovod pod pritiskom i predturbinski zatvarač).

4.2.2. Proračun neto pada

Kao što je već navedeno neto pad, H_n može se izračunati na osnovu izraza,
 $H = H_{br} - \Delta H_{g.uk.}$

gde je,

H_{br} – bruto pad

$\Delta H_{g.uk.}$ - ukupni gubici pada u sistemu za transport vode MHE

Ukupni gubici u sistemu za transport vode MHE „Zebica II“ jednaki su zbiru prethodno izračunatih ukupnih hidrauličkih gubitaka u cevovodu pod pritiskom i gubitaka koji nastaju kao posledica visinske razlike između ose radnog kola turbine i kote donje vode odnosno,

$$\Delta H_{g.uk.} = \Delta H_h + \Delta H_t$$

gde je,

ΔH_h - ukupni hidraulički gubici pada u sistemu za transport vode MHE

ΔH_t - gubici usled konstruktivnog rešenja turbine

Uzimajući u obzir gabarite odabranih **Crossflow turbina** „Zebica II“ može se konstatovati da će se osovine njihovih radnih kola nalaziti maksimalno na 1,23 m iznad kote donje vode (KDV) odnosno da ΔH_t u ovom slučaju iznosi, **1,23 m**.

Na osnovu navedenog izraza i dobijenih vrednosti može se izračunati neto pad MHE. Na osnovu navedenog izraza i dobijenih vrednosti može se izračunati neto pad MHE „Zebica II“ međutim, posmatrajući navedeni izraz za ukupne hidrauličke gubitke u cevovodu pod pritiskom jasno je da se ovi gubici menjaju u zavisnosti od kvadrata trenutne brzine vode u cevovodu odnosno od vrednosti kvadrata trenutnog proticaja kroz cevovod. Odavde dalje sleduje da su ukupni gubici u cevovodu a samim tim i neto pad MHE, zavisni od trenutnog proticaja vode kroz cevovod odnosno da se neto pad menja u zavisnosti od trenutnog proticaja.

Sa promenom neto pada menja se i trenutna snaga MHE pa je prilikom proračuna prosečne proizvodnje električne energije „Zebica II“ neophodno opisano pojavu promene neto pada u zavisnosti od proticaja, uzeti u obzir u cilju dobijanja preciznijih rezultata.

4.3. Optimizacija turbinskog postrojenja

4.3.1. Uvod

Maksimalno iskorišćenje raspoloživog hidroenergetskog potencijala lokacije podrazumeva maksimalnu proizvodnju el. energije uz istovremeno poštovanje određenih ograničenja lokacije (npr. biološki minimum, karakteristike ED mreže na koju se MHE priključuje itd.).

Kako bi ostvarila maksimalnu proizvodnju električne energije, neophodno je da MHE radi maksimalno efikasno odnosno da ima visok ukupan stepen iskorišćenja u kompletnom opsegu proticaja kroz njeno turbinsko postrojenje. Visok ukupan stepen iskorišćenja prvenstveno zavisi od izabranog tipa turbina kao i od njihovog broja i pojedinačnih instalisanih snaga odnosno proticaja (u slučaju da se mora upotrebiti više od jedne turbine). Drugačije rečeno u cilju postizanja maksimalne proizvodnje električne energije neophodno je prethodno optimizovati turbinsko postrojenja MHE. Sa druge strane, prilikom optimizacije turbinskog postrojenja MHE moraju se uzeti u obzir i drugi faktori kao što su,

troškovi izrade i montaže turbina, troškovi i kompleksnost održavanja, pouzdanost, servisna podrška, radni vek itd.

4.3.2. Izbor tipa, broja i instalisanog proticaja turbina

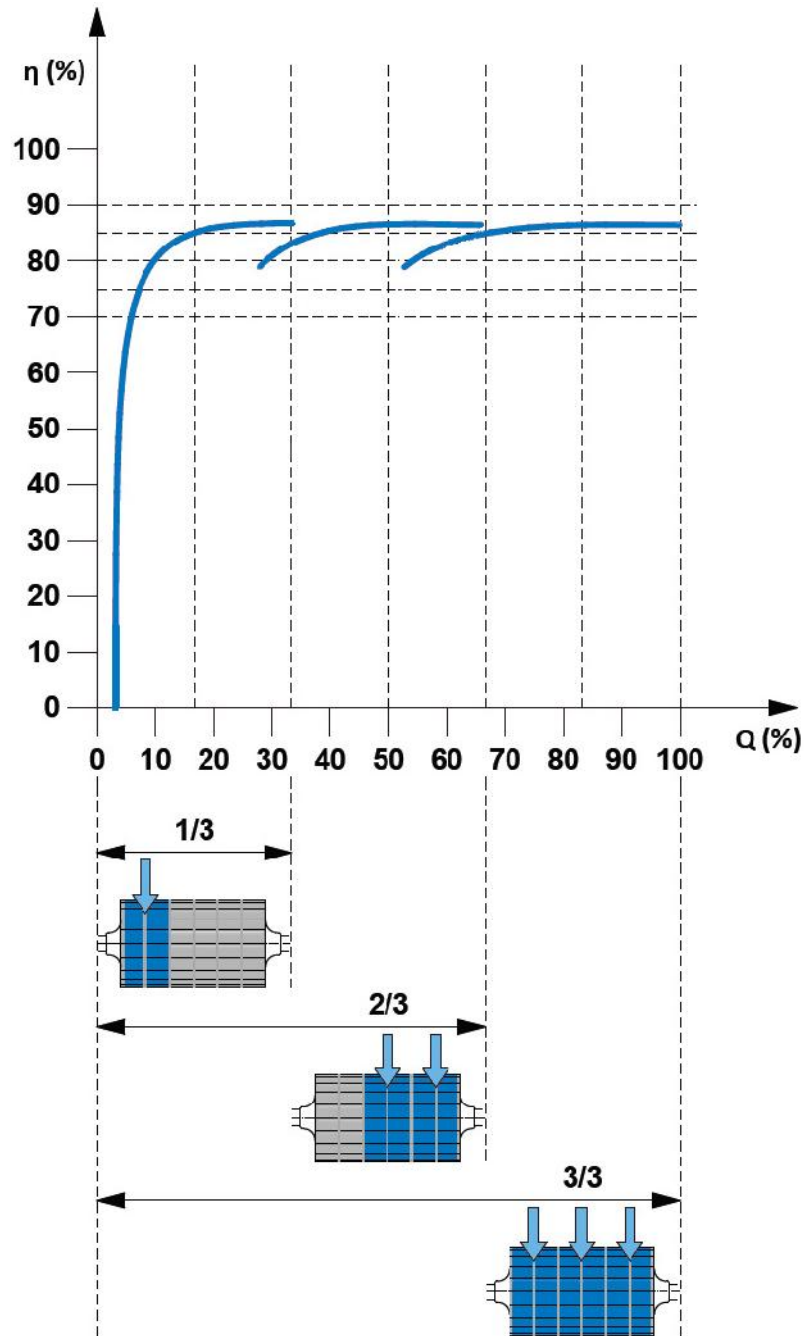
Na osnovu izabranog rešenja energetskog korišćenja razmatranog dela rečnog toka Đačkog Potoka utvrđeni su sledeći osnovni hidroenergetski parametri „Zebica II“,

- Instalisani proticaj	$Q_{inst} = 0,246 \text{ m}^3/\text{s}$
- Minimalni proticaj kroz turbine	$Q_{min} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$
- Biološki minimum	$Q_{b.min} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$
- Kota normalnog radnog nivoa vode u taložnici	KNRN = 529,20 mnm
- Kota donje vode	KDV = 487,12 mnm
- Bruto pad postrojenja	Hbr = 42,08 m
- Neto pad postrojenja	Hn = 40,86 m

Tehnološki minimum Fransisovih turbina iznosi oko **40%Q inst** a njihov stepen iskorišćenja drastično opada ispod proticaja koji iznosi **50%Qinst** što znači da bi se u slučaju „Zebica II“ moralo upotrebiti minimalno dve turbine različitih instalisanih proticaja odnosno snaga. Osim toga da bi se kompletan opseg proticaja kroz turbinsko postrojenje „Zebica II“ pokrio sa dobrim stepenom iskorišćenja (donja vrednost proticaja kroz turbinsko postrojenje iznosi, 0,014 m³/s) neophodna je upotreba turbina čiji odnos instalisanih proticaja iznosi minimalno 1:3. Odavde dalje sleduje da bi manja turbina imala instalisani proticaj u iznosu, **Q= 0,105 m³/s** (pri prethodno navedenom instalisanom padu). Ovakva turbina bi imala vrlo mali prečnik obrtnog odnosno radnog kola a i njeni ostali parametri bi bili nepovoljni.

Osim toga, izrada, montaža i održavanje turbinskog postrojenja sa ovakvom kombinacijom turbina bi bila skupa i komplikovana što s obzirom na instalisanu snagu odnosno veličinu MHE „Zebica II“ ne bi bilo ekonomski opravdano.

Jednokomorna odnosno klasična Crossflow turbina ima niži prosečan stepen korisnog dejstva u odnosu na Fransisov tip turbina. Sa druge strane, ovaj tip turbina ima bolje iskorišćenje u oblast malih proticaja (u odnosu na Fransisov tip turbina) i može se relativno efikasno koistiti do proticaja od oko **30%Q inst**. Međutim ako se uzme u obzir prethodno navedena vrednost minimalnog proticaja kroz turbinsko postrojenje „Zebica II“ može se zaključiti da se i ovoga puta kao i u prthodnom slučaju moraju upotrebiti minimalno dve turbine različitih instalisanih snaga.

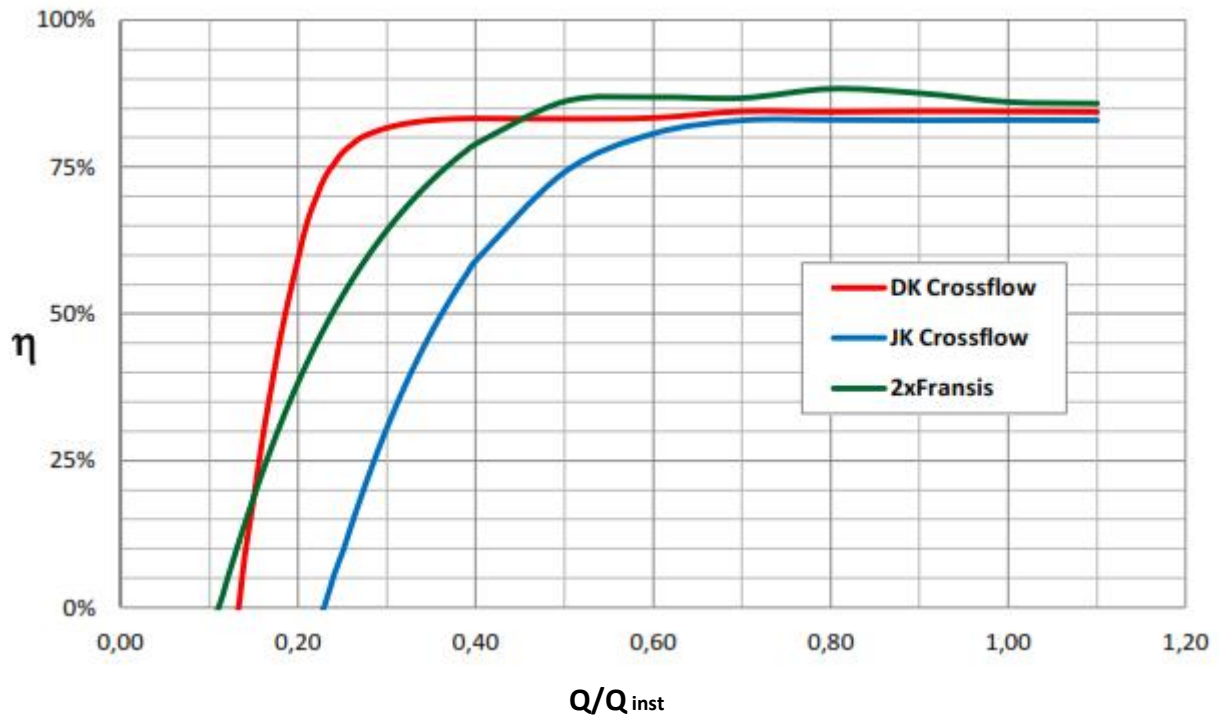


Slika 4-2: Kriva iskorišćenja dvokomorne Crossflow turbine

Razmatrana dvokomorna (DK) Crossflow turbina je standardno opremljena komorama čiji odnos propusnih moći iznosi **2:1** ($2/3$ i $1/3$ Q inst) a proticaj kroz njih se može nezavisno kontrolisati. Ovakva turbina se u toku rada ponaša kao dve nezavisne turbine čiji odnos instalisanih snaga iznosi, **2:1** (kao postrojenje od 2 agregata odnosno turbine). Na ovaj način se dobija izuzetno ravna kriva iskorišćenja turbine sve do vrednosti instalisanog proticaja od **$0,1 \cdot Q$ inst** sa nešto nižim (u odnosu na Fransisov tipa turbina) ali još uvek sa solidnim prosečnim stepenom iskorišćenja kako je to prikazano na slici 4-2.

Na slici 4-3 su radi poređenja, na istom dijagramu, prikazane krive iskorišćenja, jednokomorne i dvokomorne Crossflow turbine kao i kriva iskorišćenja turbinskog postrojenja koje se sastoji od dve

Fransisove turbine odnosa instalisanih snaga 1:3. Kriva je prikazana za opseg proticaja od 0% do 110% Q_{inst} . Sva tri tipa turbina su dizajnirane za instalisani proticaj i neto pad „Zebica II“.



Slika 4-3: Krive iskorišćenja turbina

Sa slike 4-3 može se uočiti da dvovkomorna Crossflow turbina ima najbolji stepen iskorišćenja u oblasti malih proticaja i izrazito ravnu karakteristiku sve do vrednosti Q_{inst}

Analizom prethodno prezentovanih krivih iskorišćenja, troškova izrade i održavanja kao i ostalih karakteristika razmatranih tipova turbina jasno je da se navedena prednost u pogledu stepena iskorišćenja prilikom upotrebe Fransisovog tipa turbina na opisani način, u ovom slučaju gubi.

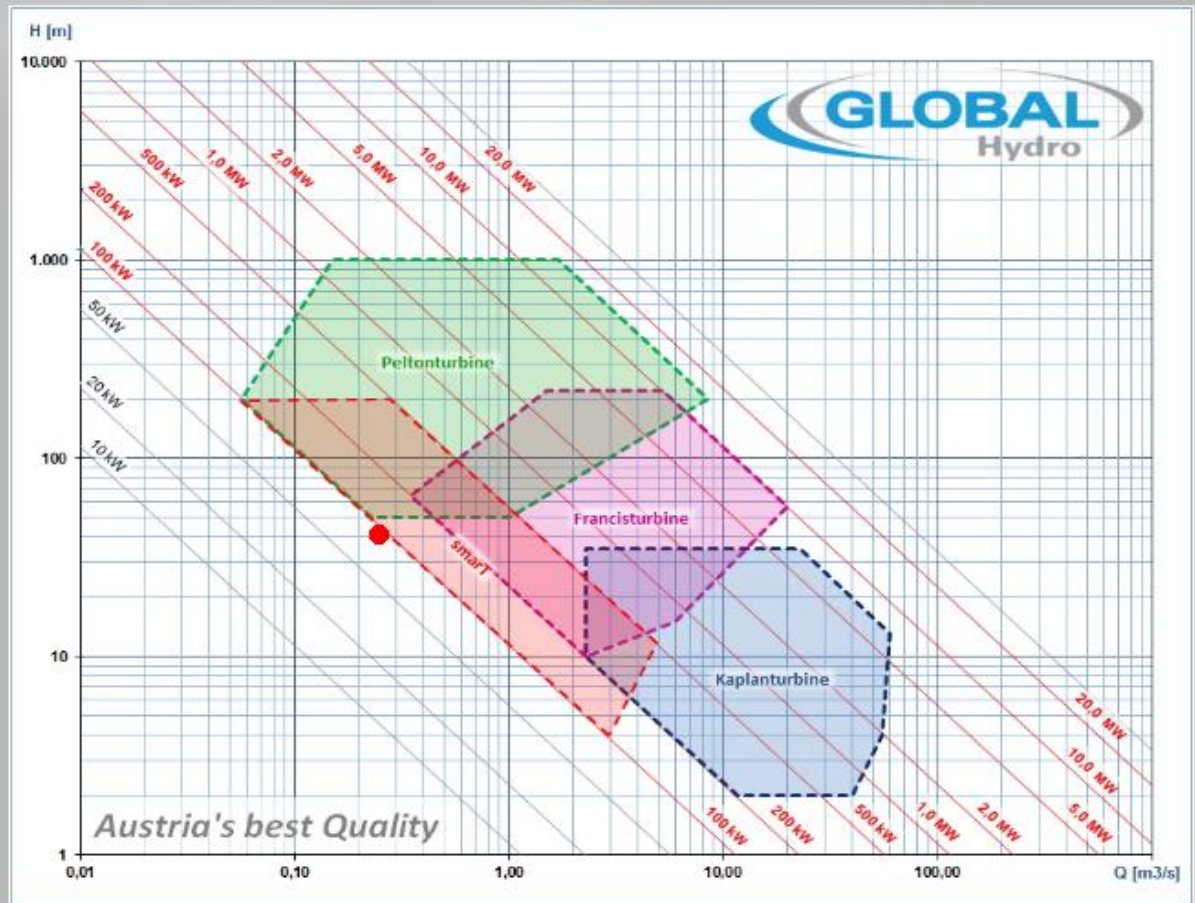
Snaga koju stvara voda na padu H prenosi se na osovinu turbine, ali se zbog hidrauličkih i mehaničkih gubitaka kroz turbinu, generator i transformator umanjuje za jedan deo. Ukupni koeficijent korisnog dejstva iznosi 0,80 - 0,88 pa je snaga:

$$P = 1 * 0,246 * 9,81 * 40,9 * 0,89 = 88 \text{ kW}$$

Usvaja se $N = 90 \text{ kW}$

Turbine Calculator

Q = m³/s H = m P = 89 kW



Uzimajući u obzir prethodno navedeno u okviru turbinskog postrojenja „Zebica II“ biće instalirana jedna Crossflow turbina sledećih karakteristika,

- tip turbine **dvokomorna Crossflow**
- odnos propusnih moći komora **2:1**
- tip sprege sa generatorom **direktna bez multiplikatora**

Napomena: Podaci o stepenima iskorišćenja za Pelton i DK Crossflow turbinu su dobijeni direktno od proizvođača turbine.

4.4. Proizvodnja električne energije

4.4.1. Ukupan stepen iskorišćenja MHE

Trenutna snaga na izlazu iz MHE može se odrediti na osnovu izraza,

$$P_{tr} = \rho \cdot Q_t \cdot g \cdot H_n \cdot \eta_{uk}$$

gde je,

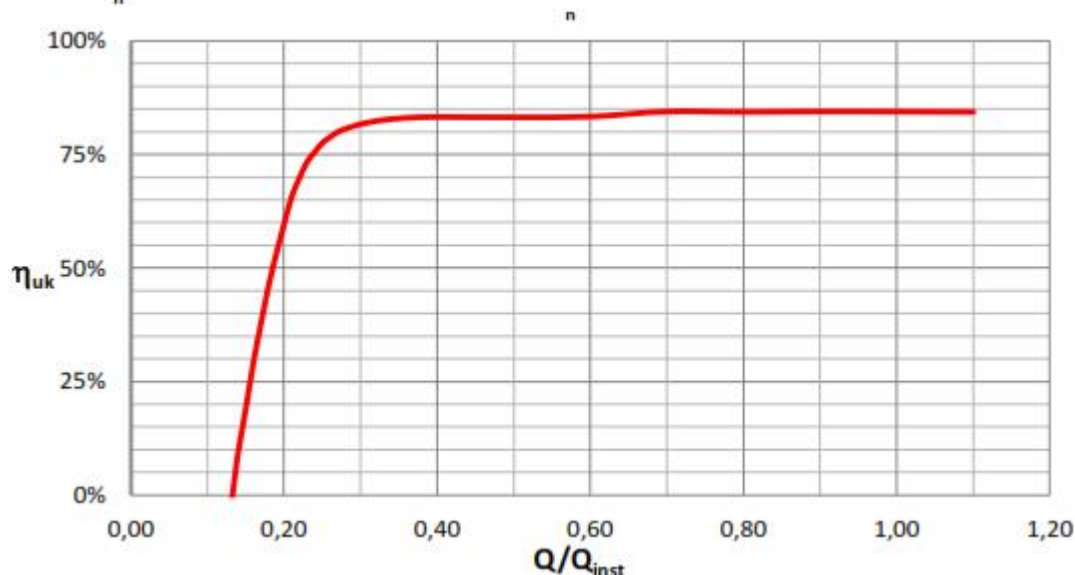
Q_t - proticaj kroz turbinsko postrojenje MHE [m³/s]

H_n - neto pad pri proticaju Q [m]

η_{uk} - ukupni stepen iskorišćenja MHE pri proticaju Q

Ukupan trenutni stepen iskorišćenja MHE η_{uk} pri nekom proticaju kroz turbinsko postrojenje MHE se dobija kada se pomnože pojednini trenutni stepeni iskorišćenja η_i svih elemenata MHE koji učestvuju u procesu proizvodnje el. energije pri njihovom trenutnom opterećenju odnosno,

$$\eta_{uk} = \prod_n \eta_i$$



Slika 4-4: Kriva ukupnog stepena iskorišćenja MHE

Kriva ukupnog stepena iskorišćenja MHE se dobija kada se spoje tačke ukupnih stepena iskorišćenja MHE za različite proticaje vode kroz njeno turbinsko postrojenje. Uzimajući u obzir prirodu procesa proizvodnje el. energije može se zaključiti da kriva ukupnog stepena iskorišćenja MHE dominantno zavisi od krive iskorišćenja turbine odnosno turbina instaliranih u njenom turbinskom postrojenju.

Na slici 4-4 prikazana je kriva ukupnog stepena iskorišćenja „Zebica II“ koja ima instaliranu jednu dvokomornu (DK) Crossflow turbinu instalisanog proticaja $Q_{inst} = 0,246 \text{ m}^3/\text{s}$ i instalisanog (neto) pada $H_n = 40,86 \text{ m}$, odnosa propusnih moći komora, 2:1, direktno spregnuti sinhroni generator instalisane snage $P_{ng} = 200\text{kVA}/90\text{kW}$ i suvi trofazni energetski transformator, prenosnog odnosa 10/0,4 kV nominalne snage $S_{ntr} = 250 \text{ kVA}$.

4.4.2. Proračun proizvodnje električne energije

Proizvodnja energije u toku godine se stalno menja. Na bilo kojoj elektrane teško se ostvaruje kontinuirani rad tokom cele godine a to je posebno teško postići na MHE. Sarno u izuzetnim slučajevima moguće je u toku jedne godine ostvariti rad MHE od 8.760 časova godišnje. Praktično treba računati s tim da jedna MHE radi godišnje između 4.000 i 5.000 časova. Ostalo vreme treba rezervisati za sitne opravke, remonte i druge zastoje.

Godišnja proizvodnja je proizvod protoka i pada u određenom periodu vremena i računa se kao proizvod instalisane snage i vremena rada. Godišnja proizvodnja energije:

$$E = 90 \times 4.100 = \mathbf{369.000 \text{ kWh}}$$

U toku prosečnog amortizacionog veka od 25 godina dobija se energija od:

$$E = 369.000 \times 25 = \mathbf{9.225.000 \text{ kWh}}$$

5. Tehnički opis

5.1. Arhitektonski deo

5.1.1. Opis objekta

Objekti koji se nalaze u sastavu „Zebica II“, mašinska zgrada i transformatorska stanica su locirani na KP 882 KO Zebica, opština Kuršumljija.

Osnovna namena objekata je proizvodnja električne energije. Objekti su definisani kao prizemni a u njih se ulazi direktno spolja.

Mašinska zgrada se sastoji od jedne prostorije. Neto površina mašinske zgrade iznosi, 29,83 m², a njena bruto površina, 34,75 m². Betonska-stubna trafostanica je montažna i isporučuje se gotova na gradilište.

Napajanje buduće male hidroelektrane „Zebica II“ a na osnovu Mišljenja o uslovima za priključenje elektrane na DEES broj: D.10.20.-335756/4-2016 od 29.12.2016. god. predviđena je izgradnja nove betonske-stubne trafostanice kapaciteta (100Kva) sa priključnim 10kv vodom i sklopom za obračunsko merenje na strani 10kv. buduća BSTS 10/0,4kv biće locirana na parceli investitora a u svemu prema važećim tehničkim propisima izdatim od nadležnog organa SO Kuršumljija.

Stubna trafostanica STS na betonskom stubu izvodi se za naponski nivo 10kV i 20kV i za krajnju snagu transformatora do 250kVA.

Na stubu se postavljaju sve konzole kako za vezivanje TS na mrežu tako za montažu svih elemenata (VN konzole, konzola za katodne odvodnike prenapona, NN konzole i konzola za transformator NN ormar). Niskonaponski razvodni ormar izvodi se u vidu tipskih zahteva distributivnog područja. STS 10/0,4kV je na betonskom stubu. Temelj za STS izrađuje se od betona.



Slika - STS 10/0,4kV; na betonskom stubu

5.1.2. Konstrukcija

Objekat je predviđen sa nosećim betonskim temeljima i armirano-betonskom pločom i zidovima koji su od blokova debljine $d=20$ cm, armiranobetonskim vertikalnim serklažima dimenzija 20/20 cm i horizontalnim serklažima radi postizanja seizmičke i statičke stabilnosti. Podna ploča je debljine 30 cm, dok je tavanica kastirana ploča $d=10$ cm sa gredama 10/45. Kompletan beton je MB25. Krovni pokrivač je TR plastificirani lim postavljen preko čamove krovne konstrukcije.

5.1.3. Obrada objekta

5.1.3.1. Zidovi, plafon i podovi

Fasadni zidovi su od AB i giter blokova $d = 20$ cm, spolja obrađeni bavalitom i obloženi kamenom, a sa unutrašnje strane, malterisani i bojeni poludisperzivnom bojom.

Plafon mašinske sale je malterisan i završno obrađen poludisperzivnom bojom.

Podovi su od betona i nemaju završnu obradu.

5.1.3.2. Hidroizolacija i termoizolacija

Hidroizolacija je predviđena samo u krovu i to kao paropropusna folija. Termoizolacija nije predviđena, osim na fasadi debljine 3 cm, kao podloga bavalitu.

5.1.3.3. Bravarija

Otvori za prozore zatvaraju se metalnim žaluzinama, a ulazna vrata mašinske zgrade su trokrilna bravarska. Sva bravarija je završno obrađena dva puta osnovnom bojom i jednom farbom za metal.

5.1.3.4. Ostalo

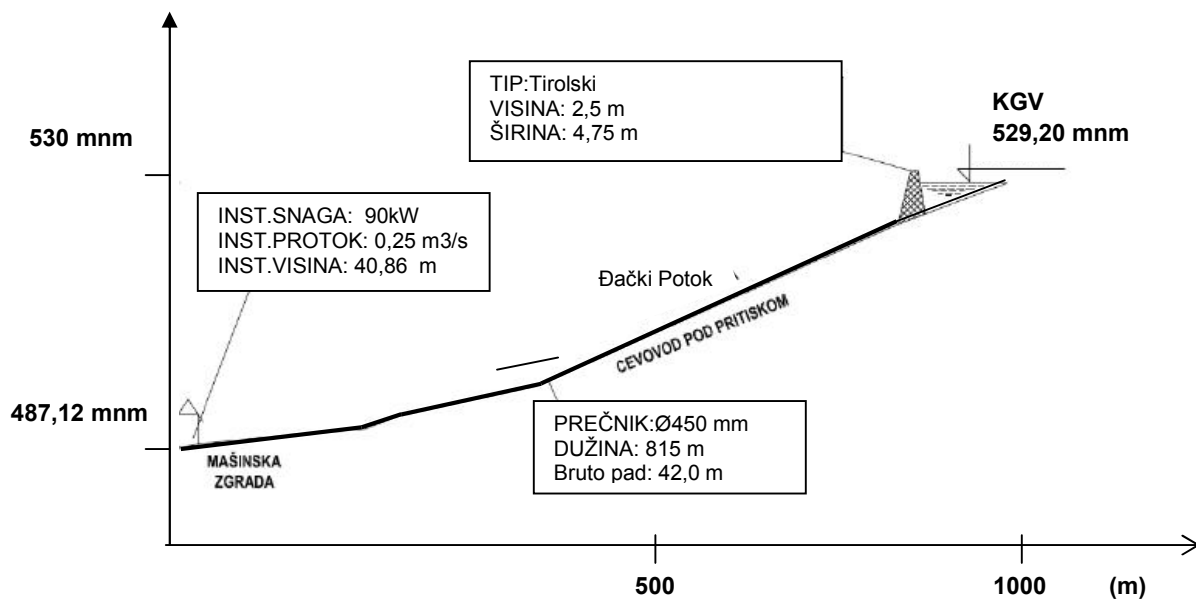
Oluci su predviđeni i oni su od pocinkovanog, plastificiranog, bojenog lima. Horizontalni oluci su kvadratnog oblika 14/14, dok su olučne vertikale kružnog preseka, prečnika 10 cm.

Oko objekta projektovana je drenažna cev. Predviđena je izrada betonskog trotoara u celoj dužini oko objekta, širine 60 cm.

5.2. Hidrograđevinski deo

5.2.1. Hidraulička šema „Zebica II“

Hidraulička šema „Zebica II“ data je na slici 5-1. Na ovoj slici su prikazani osnovni hidraulički i hidroenergetski parametri sistema.



Slika 5-1 - Hidraulička šema elektrane MHE „Zebica II”

Sa prikazane hidrauličke šeme je vidljivo da se deo toka Đačkog Potoka na koti **529,20 mm** (kota ogledala reke) skreće u dovodni cevovod pomoću niskog pregradnog objekta - vodozahvata (VZ-a). Zahvaćena voda se zatim transportuje cevovodom pod pritiskom do mašinske zgrade koja se nalazi na koti **487,12 mm** (kota donje vode - KDV) sa desne strane reke Kosanice. U mašinskoj zgradi se vrši pretvaranje hidromehaničke energije vode u električnu energiju pomoću jednog agregata odgovarajućih karakteristika.

„Zebica II“ spada u grupu protočno-derivacionih postrojenja što znači da u ovom slučaju VZ-na građevina ne služi za formiranje akumulacionog jezera odnosno akumulacije već samo za odvajanje dela toka Đačkog Potoka (formiranje derivacije). Takođe u slučaju „Zebica II“ ne vrši se balansiranje voda odnosno proticaj vode u Đačkom potoku uzvodno i nizvodno od „Zebica II“ je u svakom trenutku isti (uzvodno od VZ-a i nizvodno od mašinske zgrade).

5.2.2. Opis objekata

Na crtežu G01-02-01 prikazan je situacioni plan „Zebica II“ na kome su prikazani svi objekti ove MHE. Definitivne karakteristike i dimenzije svih objekata „Zebica II“ biće precizirane u glavnom odnosno izvođačkom projektu ove MHE.

Osnovni objekti koji se nalaze u sastavu „Zebica II“ su,

- VZ sa ribljom stazom
- Taložnica
- Cevovod pod pritiskom
- Mašinska zgrada sa odvodnim kanalima

U nastavku teksta dat je kratak opis navedenih hidrotehničkih objekata „Zebica II“,

- VZ „Zebica II“ je predviđen u koritu Đačkog Potoka na KP 1115 KO Zebica, opština Kuršumljica, na lokaciji sa kotom dna reke, 528,17 mm i kotom ogleдалa reke u iznosu od 529,20 mm. Tip VZ-a je niska betonska prelivna brana, hidrauličke visine 0,50 m, građevinske visine 2,50 m i bruto širine 4,75 m. Koordinate središta VZ-a iznose, Y = 7531887 i X = 4758903. Za zahvatanje vode je predviđen VZ-ni kanal koji se nalazi u kruni betonske brane sa njene desne strane (Tirolski VZ-). Preko Vznog kanala se postavlja gruba rešetka čija se gornja uzvodna ivica nalazi na koti 529,20 mm. Gornja uzvodna ivica rešetke VZ-nog kanala ujedno predstavlja i kotu normalnog uspora (KNU). Gruba rešetka na ulazu u VZ-ni kanal sprečava unošenje krupnijeg nanosa (vučenog i suspendovanog) u sistem za transport vode „Zebica II“. Kota krune neprelivnog dela (u normalnom režimu rada) VZ-a „Zebica II“ iznosi 529,35 mm. Ova kota je viša za 15 cm od KNU kako bi se sva voda iz Đačkog Potoka (nakon odvajanja količine potrebne za rad riblje staze) usmeravala prema VZ-nom kanalu.

- U sklopu VZ-ne građevine, sa njene leve strane, predviđena je riblja staza, koja obezbeđuje nesmetano kretanje ihtiofaune i drugih vodenih organizama u oba smera preko VZ-a. Riblja staza „Zebica II“ je tako konstruisana da tokom cele godine preko nje teče minimalno, biološki minimum Đačkog Potoka važeći za pregradno mesto „Zebica II“. Ovakav način funkcionisanja riblje staze se postiže na taj način što je kota preliva za riblju stazu odnosno otvora riblje staze „Zebica II“, koja iznosi, 529,10 mm, niža od kote ulaza VZ-nog kanala odnosno gornje uzvodne ivice rešetke na ulazu u VZ-ni kanal (529,20 mm) za visinu otvora riblje staze koja u ovom slučaju iznosi 10 cm. Navedeno konstruktivno rešenje vodozahvata sa ribljom stazom i sistem upravljanja „Zebica II“ osiguravaju istovremeni rad i riblje staze i same MHE. „Zebica II“ automatski prestaje sa radom u slučaju kada je dotok vode u VZ manji od garantovanog proticaja reke Đačkog Potoka tehnološki minimum MHE. Osnova VZ-a „Zebica II“ sa ribljom stazom data je na crtežu G03-03-01 (Grafički prilog) a njegovi preseki na crtežu, G03-03-02 i G03-03-03.

- U nastavku VZ-nog kanala nalazi se **taložnica (peskolov) koja služi za oslobađanje vode od vučenog i suspendovanog nanosa (peska, lišća i dr.) metodom taloženja**. Poprečni presek taložnice je dosta veći od poprečnog preseka VZ-nog kanala tako da prilikom ulaska vode u taložnicu dolazi do drastičnog smanjenja njene brzine čime se ostvaruju uslovi za intenzivno taloženje mehaničkog nanosa u taložnici i to u prvom redu peska i šlnovembarka. Na izlazu iz taložnice odnosno na ulazu u cevovod pod pritiskom nalazi se fina rešetka koja služi za dodatno filtriranje vode neposredno pre ulaza u cevovod. Na kraju VZ-nog kanala odnosno na ulazu u taložnicu postavljena je tablasta ustava koja služi da u slučaju potrebe spreči dotok vode u taložnicu. Za ispiranje i oslobađanje taložnice od nanosa predviđene su tablaste ustave odgovarajućih dimenzija.

Pomenute ustave se nalaze na ulazima ispirnih kanala odnosno ispirnih cevovoda koji vode do ivice reke. Osim toga taložnica je opremljena i sopstvenim prelivom. Osnova taložnice sa presecima „Zebica II“, prikazana je na crtežu G03-03-01,02,03.

- **Cevovod pod pritiskom** služi za transport vode od taložnice do mašinske zgrade „Zebica II“. Cevovod pod pritiskom „Zebica II“ prolazi preko, KO Zebica, KP 858, KP 1115, KP 871, KP 869, KP 866, KP 860, KP 861, KP 1110, KP 881, KP 882. Ukupna dužina cevovoda pod pritiskom „Zebica II“ iznosi L = 815 m. a unutrašnji prečnik Ø 450 mm. Na crtežu G01-02-01 prikazana je situacioni plan „Zebica II“ na kome je pored ostalog ucrtan i njen cevovod pod pritiskom.

<http://www.balby.com/Javascript>, <https://tools.pipelife.com/Colebrook?lang=rs>

Ulazni parametri

Proračunaj

Gravitacioni cevovod
 Cevovod pod pritiskom

Pad pritiska i brzine ▼

Podaci o cevima

Spoljni prečnik D_{II} [mm] SDR []
 Unutrašnji prečnik D_i 450 [mm]
 Crubost μ 0.01 [mm] Savet
 Dužina cevovoda L 815 [m]

Podaci o protoku

Željeni protok Q 246 l/s ▼

Proračunate vrednosti

Rezultati

Brzina protoka V 1.55 [m/s]
 Pad pritiska ΔP 0.277 bar ▼

- **Mašinska zgrada** „Zebica II“ nalazi se na KP 882, KO Zebica, ima približne koordinate, $Y = 7531189$ i $X = 4758712$, i služi za smeštaj agregata i ostale elektromašinske opreme. Kota poda mašinske zgrade iznosi 487,12 mm. U sklopu mašinske zgrade nalazi se i odvodni kanal pomoću koga je izlaz turbine povezan sa Đačkim Potokom. Spoljnje dimenzije mašinske zgrade „Zebica II“ iznose, **5,50 m x 6,25 m** a ukupna visina od dna temelja do vrha krovne konstrukcije iznosi **7,50 m**. Za potrebe izgradnje i eksploatacije nije potrebno praviti pristupni put do mašinske zgrade „Zebica II“ s obzirom da se u njenoj neposrednoj blizini već nalazi lokalni nekategorisani put **KP 894 (predmetna parcela se graniči sa istom)** i KP 1105, koji je povezan sa javnim putem. Potrebno je samo napraviti prilaznu rampu izvršiti adaptaciju navedenog postojećeg puta. Na crtežima, G02-09-01, G02-09-02 i G02-09-03 prikazane su osnove temelja, prizemlja i krova mašinske zgrade „Zebica II“ dok je na crtežu, G02-09-05 prikazan njen presek 1-1. Na crtežima G02-09-04, G02-09-06, G02-09-07, G02-09-08 i G02-09-09 prikazan je izgled krova kao i fasade mašinske zgrade. Na osnovu svih prethodno pomenutih crteža je moguće sagledati osnovne dimenzije i principe konstruisanja pojedinih elemenata odnosno objekata „Zebica II“.

Prilikom dizajniranja svih građevinskih i hidrograđevinskih objekata „Zebica II“ posebna pažnja je posvećena njihovom uklapanju u okolni prostor. Kako bi se zadovoljili ovi zahtevi svi objekti se grade od prirodnih materijala i primenjuju se posebna konstruktivna i arhitektonska rešenja. Osim toga ceo sistem „Zebica II“ je dizajniran na takav način da zadovoljava najviše standarde i u smislu zaštite prirode i životne sredine što važi ne samo za građevinske objekte već i za kompletnu ugrađenu elektromašinsku opremu i ostale elemente sistema MHE.

Visinska dispozicija mašinske zgrade će biti takva da će nivo poda biti iznad 20-godišnjih velikih voda. Kota postolja elektro-instalacija, biće podignuta iznad 100-godišnjih voda (Q_{100}).

5.2.3. Osnovne geološke karakteristike lokacije

Vodozahvat „Zebica II“ nalazi se u dijabaz-rožnjačkoj formaciji - pešćarima, glincima, rožnjacima, konglomeratima i krečnjacima. Cevovod pod pritiskom i mašinska zgrada se takođe nalaze u dijabaz-rožnjačkoj formaciji. Stene bliže površinskom sloju su umereno zahvaćene procesom degradacije ali je novonastali rastresiti materijal dosta "umiren" vegetacionim procesom. Na većim dubinama tla ne postoje izraženi tekući geološki procesi odnosno teren je stabilan bez tragova klizanja, tečenja ili

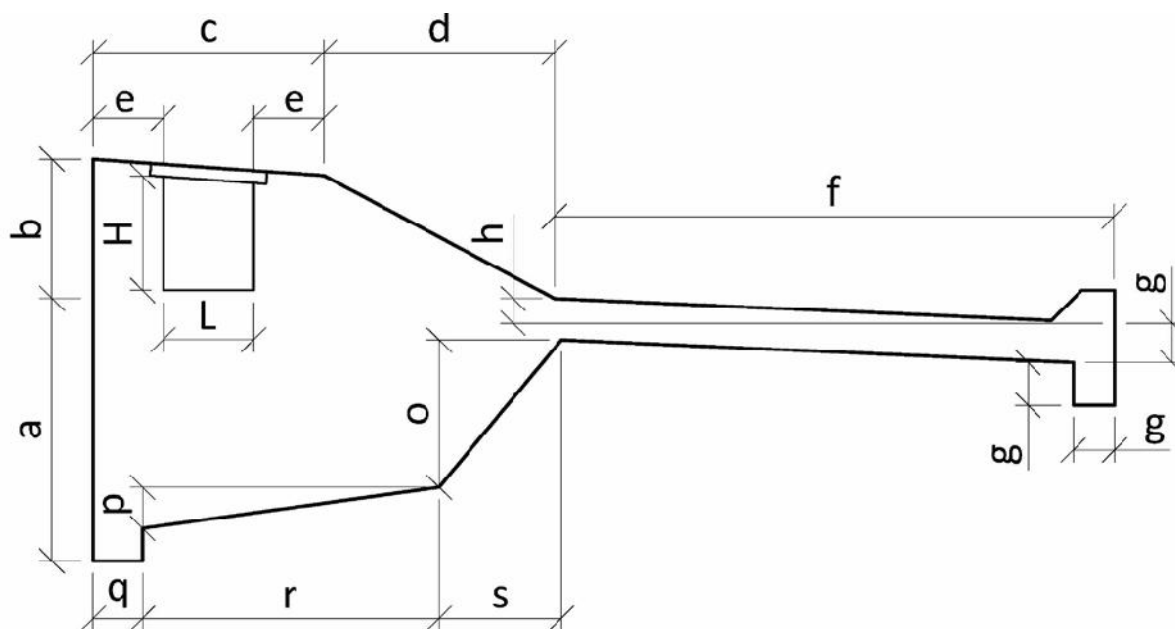
pomeranja. Teren je takođe stabilan, bez tragova klizanja, tečenja ili pomeranja i "umiren" vegetativnim procesima i na poziciji mašinske zgrade i duž cele trase cevovoda pod pritiskom „Zebica II“. Procenjuje se da tlo na lokaciji „Zebica II“ omogućuje da se građevinski objekti ove MHE izgrade bez većih geotehničkih ograničenja. Prethodno navedeni preliminarni geološki podaci moraju se potvrditi odgovarajućim geološkim ispitivanjima lokacije „Zebica II“.

5.2.4. Proračun osnovnih parametara hidrotehničkih objekata

5.2.4.1. Dimenzionisanje vodozahvatne građevine

Zahvatanje vode „Zebica II“ je rešeno pomoću vodozahvatnog kanala koji se nalazi u telu oštroivične niske prelivne brane izrađene od betona (Tirolski vodozahvat). Brana „Zebica II“ je tako konstruisana i dimenzionisana da su u svakom trenutku obezbeđene dovoljne količine vode za riblju stazu a zatim i za turbinu odnosno turbine MHE. Sa druge strane, brana „Zebica II“ poseduje i dovoljno veliki svetli otvor (slobodni poprečni presek iznad brane) da bi mogla da propusti merodavne velike vode Đačkog Potoka na pragradnom mestu ove elektrane (Velike vode povratnog perioda 100 god. – $Q_{1\%}$).

Na slici 5-2 data je skica poprečnog preseka VZ-a „Zebica II“. Sa slike 5-2 je vidljivo 1% da se VZ-sastoji od brane, temeljne stope i slapišta. Nizvodna ivica prelivnog dela betonske brane „Zebica II“ je nešto niža u odnosu na uzvodnu ivicu čime je olakšana evakuacija eventualno nataloženog nanosa sa preliva brane i rešetke vodozahvatnog kanala. Betonska brana „Zebica II“ se izrađuje od konstruktivnog armiranog betona marke MB30 sa dodatkom aditiva za vodonepropusnost na tampon sloju od šnovembarka odgovarajuće debljine i granulacije. Zaštitne obloge se izrađuju od lomljenog kamena takođe odgovarajuće debljine nabačaja, zidanog u svežem betonu i sa zalivenim fugama.



Slika 5-2: Poprečni presek prelivnog praga „Zebica II“

U tabeli 5-1 navedene su osnovne dimenzije VZ-a u skladu sa slikom 5-2. Detaljne dimenzije VZ-a odnosno betonske brane biće određene u narednim fazama izrade projektne dokumentacije za „Zebica II“, prilikom proračuna stabilnosti, proračuna uticaja snega i leda na objekte MHE kao i prilikom proračuna ostalih parametara MHE.

Tabela 5-1: Osnovne dimenzije VZ-a „Zebica II“

a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	g (m)	h (m)	o (m)	p (m)	q (m)	r (m)	s (m)	H (m)	L (m)	Bruto šir VZ (m)	Duži VZ kan (m)
2,00	0,40	1,50	1,50	0,40	4,60	0,30	0,20	0,90	0,30	0,30	1,95	0,75	0,50	0,50	4,75	4,00

Kao što je navedeno, VZ odnosno brana „Zebica II“ mora biti tako konstruktivno rešena da može da propusti merodavne velike vode povratnog perioda 100 god. (Q1%) a da ne dođe do izlivanja vode na okolno zemljište niti u dovodni kanal prema taložnici. Na slici 5-3 prikazan je poprečni presek VZ-a „Zebica II“ u slučaju nailaska velikih voda pri čemu je sa KKP je označena kota krune preliva (gornja uzvodna ivica rešetke VZ-nog kanala) koja iznosi **529,20 mm**. Sa KDR označena je kota dna Đačkog Potoka koja na lokaciji VZ-a „Zebica II“ iznosi **527,20 mm**.

Visina vodenog stuba u slučaju proticanja velikih voda (Q) preko preliva VZ-a može se izračunati na osnovu izraza,

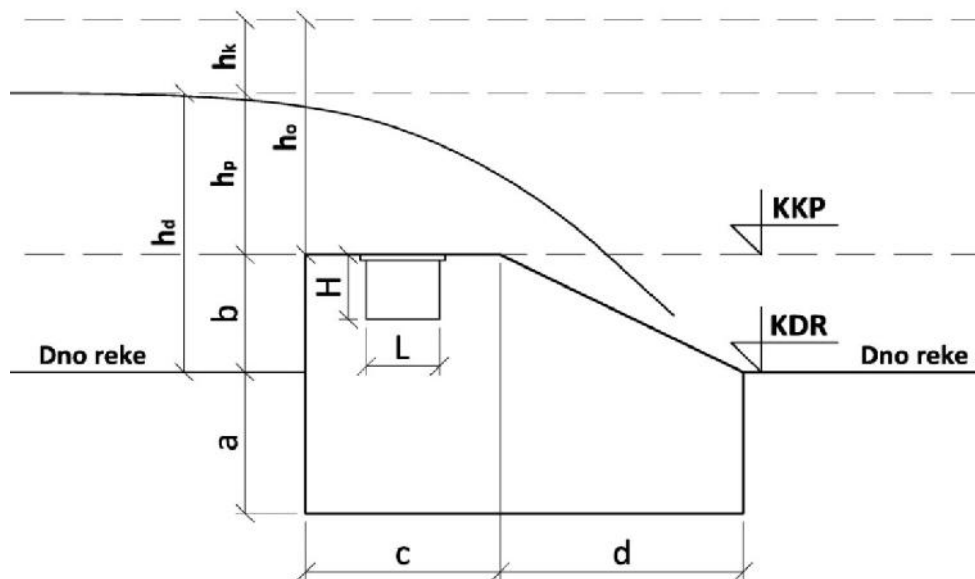
$$H_0 = \sqrt[3]{\frac{Q_{1\%}^2}{(m \cdot D_p)^2 \cdot 2 \cdot g}}$$

gde je,

Q - merodavna velika voda

m - konstanta (0,49)

DP - efektivna širina VZ-a



Slika 5-3: Proticanje velikih voda na proticajnom profilu

Maksimalna brzina vode **V_{max}** i smanjenje visine vodenog stuba **h** na prelivu VZ-a MHE „Zebica II“ u slučaju pojave merodavnih velikih voda, mogu se izračunati na osnovu sledećih izraza,

$$V_{\max} = \frac{Q_{1\%}}{D_p \cdot h_0} \quad i \quad h_k = \frac{V_{\max}^2}{2 \cdot g}$$

Zamenom brojnih vrednosti dobija se da je $h_0 = 1,06$ m, $V_{max} = 2,24$ m³/s i $h_k = 0,25$ m. Visina vodenog stuba iznad preliva VZ-a h_p može se izračunati na osnovu izraza, $h_p = h_0 - h_k$ i ona iznosi 0,81 m.

Ukupna visina vodenog stuba može se izračunati pomoću izraza, $h_d = b + h_p$ i ona iznosi, 1,41 m. Kota nivoa vode iznad preliva pri pojavi merodavnih velikih voda (Q1%) iznosi, $KDR + h_d = 529,58$ mm. Maksimalna kota vode (isklinjavanje odnosno početak akumulacije) u slučaju pojave merodavnih velikih voda iznosi, $KDR + h_d + h_k = 529,83$ mm što je manje od 529,95 mm koliko iznosi kota gornje ivice bočnih odnosno krilnih zidova VZ-a.

Na osnovu dobijenih vrednosti može se zaključiti da preko niske betonske brane MHE „Zebica II“ mogu da se preliju merodavne velike vode (Q1%) a da ne dođe do pojave izlivanja vode na okolno zemljište, u dovodni kanal prema taložnici i u samu taložnicu. Odavde dalje sleduje da su zemljište i objekti u okolini VZ MHE „Zebica II“ u potpunosti zaštićeni od štetnog uticaja velikih voda.

5.2.4.2. Visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta

Visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta y_s određuje se iterativnim postupkom na osnovu izraza,

$$y_s = \frac{q_1}{C_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (E_0 - y_s)}}$$

gde je,

q_1 - specifični proticaj ($q_1\% = Q_{1\%}/D_p$)

C - koeficijent brzine (0,9)

E_0 - visina vodenog stuba iznad dna reke ($E_0 = h_0 + b$)

Zamenom brojnih vrednosti važećih za MHE „Zebica II“ u navedeni izraz, formiran je iterativni niz prikazan u tabeli 5-2.

Tabela 5-2: Visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta

R.br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y_s	0,000	0,315	0,396	0,429	0,445	0,454	0,458	0,461	0,463
y_s^*	0,315	0,396	0,429	0,445	0,454	0,458	0,461	0,463	0,463

Na osnovu tabele 5-2 može se zaključiti da visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta MHE „Zebica II“ u slučaju pojave stogodišnjih voda znosi $y_s = 0,463$ m.

5.2.4.3. Hidraulički skok i spregnute dubine

Prelaz vode preko slapišta VZ-a MHE „Zebica II“ u slučaju pojave velikih voda obavlja se u formi hidrauličkog skoka i to potpunog hidrauličkog skoka. Karakter skoka je uslovljen Frudovim brojem suženog preseka koji se može izračunati na osnovu izraza,

$$F_R = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot y_s}}$$

gde je,

V_s - brzina vode iznad najniže tačke slapišta ($V_s = q_1/y_s$)

y_s - visina vodenog stuba iznad najniže tačke slapišta

U slučaju slapišta MHE „Zebica II“ može se izračunati da Frudov broj iznosi $F_{RS} = 1,176$. Na osnovu ove vrednosti koja pripada opsegu od 1,1 do 2,5, može se zaključiti da hidraulički skok koji će se pojaviti na slapištu MHE „Zebica II“ u slučaju pojave velikih voda ($Q_{1\%}$) pripada grupi tzv. "slabog skoka" (weak jump). Ovu grupu odlikuje sledeće, uniformna brzina, mali energetski gubici, glatka površina vode duž skoka bez pojave vazдушnih mehurova i vodeni vrtlozi malih dimenzija.

Spregnuta odnosno konjugovana dubina hidrauličkog skoka može se izračunati na osnovu izraza,

$$\frac{Q^2}{g \cdot A_s} + A_s \cdot y_s = \frac{Q^2}{g \cdot A_s''} + A_s'' \cdot y_s''$$

gde je,

A_s, A_s'' - površine proticajnih profila

y_s, y_s'' - dubina vode i konjugovana dubina vode

U slučaju pravougaonog proticajnog profila imamo da je kritična dubina jednaka,

$$y_k = \sqrt[3]{\frac{q_1^2}{g}}$$

gde je,

q_1 - specifični proticaj ($q_{1\%} = Q/DP$)

Na osnovu ovoga prethodno navedeni izraz može svesti na sledeće,

$$y_s'' = \frac{y_s}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot \left(\frac{y_k}{y_s} \right)^3} - 1 \right)$$

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da kritična dubina za VZ MHE „Zebica II“ iznosi, $y_k = 1,55 \text{ m}$ a njeno spregnuta odnosno konjugovana dubina, $y_s'' = 0,57 \text{ m}$.

5.2.4.4. Dužina slapišta

Slapište se obično dimenzioniše tako da njeno dužina bude jednaka dužini hidrauličkog skoka. Ne postoje egzaktni proračuni dužine hidrauličkog skoka već se ova vrednost određuje bazi empirijskih formula. U slučaju MHE „Zebica II“ a uzimajući u obzir prethodno izračunati veličinu Frudovog broja, $F_{RS} = 1,176 < 9$, dužina hidrauličkog skoka se pored ostalih metoda može odrediti na osnovu izraza,

$$L_H = 5,5 \cdot y_s''$$

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da dužina hidrauličkog skoka u slučaju MHE „Zebica II“ iznosi, $7,62 \text{ m}$. Primenom disipatora energije dužina slapišta se može smanjiti za $(3 \div 8) \cdot y_s''$ tako da se u slučaju MHE „Zebica II“ usvaja da dužina slapišta iznosi, $L = 4,60 \text{ m}$.

5.2.4.5. Proračun dimenzija vodozahvatnog kanala

Potrebna širina vodozahvatnog kanala B može se izračunati na osnovu sledećeg izraza,

$$B = \sqrt[5]{\frac{Q_{inst}^2}{0,221 \cdot g}}$$

gde je,

Q_{inst} - instalisani proticaj

Zamenom brojnih vrednosti u prethodno navedeni izraz može se izračunati da potrebna širina vodozahvatnog kanala iznosi **0,468 m** a usvaja se vrednost od **0,50 m**.

Potrebna dužina vodozahvatnog kanala određuje se na osnovu izraza $L_K = 7 \cdot B$ što daje vrednost od **3,50 m**. U slučaju MHE „Zebica II“ usvaja se da dužina vodozahvatnog kanala L_K iznosi, **4,00 m**.

Kritična dubina na nizvodnom kraju VZ-nog kanala se može odrediti na osnovu izraza,

$$H_c = 0,467 \cdot (Q_{inst}/B)^{2/3}$$

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da kritična dubina H_c u ovom slučaju iznosi, **0,31 m**.

Konstruktivna dubina H_n na nizvodnom kraju vodozahvatnog kanala je nešto veća od njegove usvojene širine odnosno,

$$H_n = B = 0,70 \text{ m}$$

Uzimajući u obzir da predviđeni nagib vodozahvatnog kanala iznosi $J_k = 3,00\%$ konstruktivna dubina vodozahvatnog kanala na njegovom uzvodnom kraju iznosi,

$$H_U = H_n - L_K \cdot J_k = 0,580 \text{ m}$$

Maksimalna propusna moć vodozahvatnog kanal na nizvodnom kraju može se odrediti pomoću izraza,

$$Q_{max} = 0,45 \cdot K \cdot B \cdot \sqrt{g \cdot H_n^3}$$

gde je K koeficijent koji se može odrediti na osnovu izraza,

$$K = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{H_U}{H_c}$$

Zamenom brojnih vrednosti u navedene izraze može se izračunati da u slučaju MHE „Zebica II“ koeficijent $K = 0,961$ a maksimalna propusna moć $Q_{max} = 1,010 \text{ m}^3/\text{s}$ ($> Q_{inst}$).

5.2.4.6. Propusna moć rešetke vodozahvatnog kanala

Potrebna dužina šipki rešetke vodozahvatnog kanala d_s može se odrediti na osnovu izraza,

$$d_s = 0,3386 \cdot \frac{q}{k_r \cdot \mu \cdot \sqrt{h_V}}$$

gde je,

q - specifični proticaj preko rešetke

k_r - koeficijent koji zavisi od fizičkih karakteristika rešetke

μ - koeficijent koji zavisi od oblika šipki rešetke (0,64)

h_V - visina vode na rešetki

Specifični proticaj kroz rešetku vodozahvatnog kanala može se odrediti na osnovu izraza,

$$q = Q_{inst} / L_{KS} = Q_{inst} / (0,9 \cdot L_K)$$

$$q = 0,61 \text{ m}^3/\text{s}$$

Koeficijent k_r može se izračunati na osnovu izraza

$$k_r = 0,6 \cdot \frac{a}{b} \cdot \cos^{3/2} \beta$$

gde je,

a - širina svetlog otvora rešetke

b - razmak između šipki rešetke

β - ugao nagiba rešetke (7,00°)

Zamenom brojnih vrednosti u prethodni izraz može se izračunati da koeficijent **kr** iznosi, **0,396**.

Visina vode na rešetki **h_V** može se izračunati pomoću izraza,

$$h_V = C_\beta \cdot h_{kr}$$

gde je,

C_β - koeficijent koji zavisi od nagiba rešetke (za β = 7,00°, C iznosi, 0,941)

h_{kr} - kritična dubina ($h_{kr} = 0,467 \cdot q^{2/3} = 0,086$ m)

Zamenom brojnih vrednosti u prethodni izraz može se izračunati da **h_V** iznosi, **0,081 m**.

Sada se na osnovu prethodno navedenog izraza za potrebnu dužinu šipki rešetke vodozahvatnog kanala ds može izračunati da ona iznosi, **0,38 m**. Na osnovu ove vrednosti može se izračunati da i pri zaprljanosti rešetke vodozahvatnog kanala u iznosu od 45,17% ona propušta dovoljne količine vode potrebne za nesmetan rad MHE. Odavde dalje sleduje da je rešetka vodozahvatnog kanala MHE „Zebica II“ dobro dimenzionisana.

5.2.4.7. Proračun otvora za riblju stazu

Prethodno je navedeno da je kota ulaznog otvora odnosno preliva za riblju stazu MHE „Zebica II“ niža od kote ulaza u VZ-ni kanal (kota krune prelivnog dela VZ-a odnosno gornje ivice rešetke na ulazu u VZ-ni kanal) čime je automatski obezbeđen garantovani proticaj odnosno biološki minimum u svakom trenutku. U produžetku preliva riblje staze nalazi se sama riblja staza koja je izrađena kao niz kaskadno raspoređenih bazena odgovarajućih dimenzija. Bazeni riblje staze se izrađuju od lomljenog kamena i betona.

Osnovni prirodni uslovi koji postoje u reci Manastirici i na lokaciji pregradnog mesta MHE „Zebica II“ u kontekstu migracije ihtiofaune i ostalih vodenih organizama su sledeći,

- U reci živi više vrsta riba iz **reda Cyprinidae**, prvenstveno Klen (lat. *Leuciscus cephalus*) i Krkuš (lat. *Gobio gobio*);

- Brzina vode u vodotoku se kreće u opsegu od **0,5 ÷ 4,0 m/s**;

Uzimajući u obzir navedeno kao i ostale uslove i standarde vezane za ovu oblast, riblja staza MHE „Zebica II“ mora zadovoljiti sledeće,

- Duž kaskada odnosno bazena riblje staze mora se čuti **prirodan žubor vode**;

- Riblja staza se gradi od prirodnih materijala **u prvom redu od kamena koji se već nalazi u vodotoku**;

- Riblja staza mora biti izrađena tako da što približnije **oponaša prirodni ambijent reke**;

- Brzina vode u ribljoj stazi ne sme preći **4,00 m/s**;

Visina preliva za riblju stazu **hr** može se izračunati na osnovu izraza,

$$h_r = \left(\frac{3 \cdot Q_{b.m.}}{2 \cdot k \cdot b_r \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{2/3}$$

gde je,

Q_{bm} - usvojeni biološki minimum Đačkog Potoka ($Q_{bm} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$)

k - koeficijent kontrakcije ($k = 0,450$)

b_r - širina preliva (otvora) riblje staze ($b_r = 0,30 \text{ m}$)

Zamenom brojnih vrednosti u prethodno navednu jednačinu može se izračunati da visina preliva za riblju stazu (veličina otvora riblje staze) MHE „Zebica II“ iznosi $h = 9,6 \text{ cm}$ a usvaja se vrednost od **10,0 cm**.

5.2.4.8. Proračun dimenzija taložnice

Osnovni uslov koji taložnica mora zadovoljiti jeste taloženje (uklanjanje) svih čestica čiji je prečnik veći ili jednak od zadatog (d).

Maksimalna brzina vode **V_d** pri kojoj dolazi do taloženja čestica prečnika **d** može se odrediti na osnovu izraza,

$$V_d \leq a \cdot \sqrt{d}$$

pri čemu je, **a = 0,36** za $d > 1,00 \text{ mm}$, **a = 0,44** za $0,10 \text{ mm} < d < 1,00 \text{ mm}$ i **a = 0,51** za $d < 0,10 \text{ mm}$.

Zamenom brojnih vrednosti u navedeni izraz, za veličinu čestice **d = 0,50 mm**, dobija se da maksimalna dozvoljena brzina vode u taložnici iznosi, **V_d = 0,311 m/s**. Usvaja se da brzina vode u taložnici MHE „Zebica II“ iznosi, **V_{du} = 0,25 m/s**.

Sa odgovarajućeg grafika može se očitati potrebna brzina taloženja u funkciji od veličine čestice i temperature vode. U ovom slučaju ona iznosi **ω₀ = 5,10 cm/s**.

Ako je širina taložnice **B** dubina taložnice **D** može se izračunati na osnovu izraza,

$$D = \frac{Q}{B \cdot V_{du}}$$

Usvajanjem vrednosti za širinu taložnice **B = 1,50 m** i zamenom vrednosti u prethodni izraz može se izračunati da minimalna potrebna dubina taložnice MHE „Zebica II“ iznosi, $0,59 \text{ m}$ a u ovom slučaju se usvaja vrednost minimalne dubine taložnice u iznosu, $D = 0,59 \text{ m}$. Na osnovu usvojenih vrednosti za širinu i dubinu taložnice može se izračunati da stvarna brzina vode u njoj iznosi **V_{dst} = 0,249 m/s** ($< 0,25$).

Prilikom proračuna potrebne dužine taložnice **L** nepohodno je uzeti u obzir i efekat turbulencije koji se manifestuje u smanjenju brzine taloženja **ω**,

$$\omega = \omega_0 \cdot \omega'$$

pri čemu je,

$$\omega' = \alpha \cdot V_d \text{ i } \alpha = \frac{0,132}{\sqrt{D}}$$

Tranzitno vreme može se dobiti na osnovu izraza,

$$t = \frac{D}{\omega_0 - \alpha \cdot V_d}$$

fektivna dužina taložnice se sada može se odrediti na osnovu izraza,

$$L = V_{du} \cdot t$$

iznosi,

Na osnovu prethodno navedenih izraza može se odrediti da efektivna dužina taložnice

$$L = \frac{D \cdot V_{du}}{\omega_0 - 0,132 \cdot \frac{V_{du}}{\sqrt{D}}}$$

Zamenom brojnih vrednosti u prethodno navedeni izraz može se izračunati minimalna efektivna dužina taložnice MHE „Zebica II“ i ona iznosi, $L = 9,07 \text{ m}$. Usvaja se da efektivna dužina taložnice iznosi $L = 12,60 \text{ m}$.

Taložnica MHE „Zebica II“ se takođe izrađuje od konstruktivnog armiranog betona marke MB30 sa dodatkom aditiva za vodonepropusnost na tampon sloju odgovarajuće debljine.

5.2.4.9. Proračun propusne moći odvodnog kanala

Odvodni kanal od mašinske zgrade MHE „Zebica II“ do Đačkog Potoka treba da propusti instalisani proticaj turbine što je istovremeno i maksimalni proticaj koji se može pojaviti u njemu.

Propusna moć pravougaonog kanala može se izračunati na osnovu izraza,

$$Q_p = F \cdot \frac{R^{2/3} \cdot \sqrt{J}}{n}$$

gde je,

F - površina protočnog profila kanala, $F_p = d_k \times h_k$ [m²]

R - hidraulični radius kanala, $R = F_p / O_p$ [m]

J - prosečan pad odvodnog kanala [5,00%]

n - koeficijent hrapavosti [0,013]

Na osnovu prethodno navedenog izraza može se dobiti konačan izraz za vrednost proticaja u odvodnom kanalu u zavisnosti od visine vodenog stuba u njemu,

$$Q_p = h_k \cdot d_k \cdot \left(\frac{h_k \cdot d_k}{2 \cdot h_k + 2 \cdot d_k} \right)^{2/3} \frac{\sqrt{J}}{n}$$

U tabeli 5-3 navedene su propusne moći odvodnog kanala MHE „Zebica II“ pri različitim visinama vodenog stuba u njemu. Primenom iterativne metode može se izračunati da za instalisani proticaj turbine MHE „Zebica II“, $Q = 0,246 \text{ m}^3/\text{s}$ i širinu odvodnog kanala, $d_{kinst} = 1,00 \text{ m}$ visina vodenog stuba u odvodnom kanalu iznosi $h_{ki} = 0,26 \text{ m}$.

Tabela 5-3: Propusna moć odvodnog kanala MHE „Zebica II“

R. br.	h_k [m]	F_p [m ²]	O_p [m]	R[m]	V[m/s]	Q_p [m ³ /s]
1.	0,00	0,00	2,00	0,000	0,00	0,000
2.	0,05	0,05	2,10	0,024	0,32	0,016
3.	0,10	0,10	2,20	0,045	0,49	0,049
4.	0,15	0,15	2,30	0,065	0,62	0,093
5.	0,20	0,20	2,40	0,083	0,73	0,147
6.	0,25	0,25	2,50	0,100	0,83	0,207
7.	0,30	0,30	2,60	0,115	0,91	0,273

5.3. Hidromašinski i mašinski deo

5.3.1. Proračun osnovnih parametara turbine

Najvažniji deo hidromašinske opreme MHE „Zebica II“ jeste turbina sa pratećom hidromašinskom i mašinskom opremom. Turbina zajedno sa multiplikatorom (u slučaju da je potreban) i generatorom čini agregat koji služi za pretvaranje hidromehaničke energije vode u električnu energiju.

U poglavlju *Optimizacija turbinskog postrojenja*, kao optimalno rešenje za turbinsko postrojenje MHE „Zebica II“ uzimajući u obzir neto pad, raspodelu proticaja i ostale potrebne parametre određena je jedna dvokomorna Crossflow turbina.

Turbina MHE „Zebica II“ sastoji se od više delova među kojima su najvažniji, kućište turbine, radno kolo i dvokomorni sistem turbinske regulacije sa gravitacionim havarijskim zatvaranjem dotoka vode.

U nastavku teksta biće prezentovan preliminarni proračun osnovnih parametra Crossflow turbine MHE „Zebica II“.

Mehaničke snaga turbine P_t može se izračunati na osnovu izraza,

$$P_t = Q_{inst} \cdot H_n \cdot \rho_v \cdot g \cdot \eta_t$$

gde je,

Q_{inst} - instalisani proticaj turbine [m³/s]

H_n - neto pad [m]

ρ_v - specifična gustina vode [kg/m³]

η_t - stepen iskorišćenja turbine

Na osnovu poznate vrednosti stepena iskorišćenja primenjene turbine (dvokomorna Crossflow turbina), $\eta_t = 0,858$ i na osnovu vrednosti ostalih parametara, $Q/s = 0,246 \text{ m}^3/s$ i $H_n = 40,86 \text{ m}$, pomoću prethodnog izraza može se izračunati da mehanička snaga na vratilu turbine MHE „Zebica II“ iznosi, $P_t = 90 \text{ kW}$.

Za MHE „Zebica II“ predviđena je upotreba sinhronog generatora čije se nominalna brzina obrtanja (sinhrona brzina) **ns**, može izračunati na osnovu izraza,

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

gde je,

f - učestanost električne mreže na koju se MHE „Zebica II“ priključuje (50Hz)

p - broj pari polova generatora (p = 3)

Zamenom brojnih vrednosti u prethodno navedeni izraz može se izračunati da nominalna brzina obrtanja generatora MHE „Zebica II“ iznosi, **ns = 1000 min-1**.

Prečnik radnog kola Crossflow turbine MHE „Zebica II“ može se dobiti na osnovu izraza,

$$D_r \cong \frac{39,84 \cdot \sqrt{H_n}}{n_t}$$

gde je,

Dr - Prečnik radnog kola turbine [m]

Hn - Instalirani odnosno neto pad [m]

nt - Nominalni broj obrtaja turbine [min⁻¹]

Zamenom brojnih vrednosti u prethodno navedeni izraz dobija se da prečnik radnog kola Crossflow turbine MHE „Zebica II“ iznosi **Dr = 0,260 m**. Ova vrednost se i usvaja kao vrednost prečnika radnog kola Crossflow turbine MHE „Zebica II“, **Dru = 0,260 m**

Dužina radnog kola turbine **L** može se dobiti iz izraza,

$$L_r = \frac{0,0578 \cdot Q_{inst} \cdot n_t}{H_n} \div \frac{0,0771 \cdot Q_{inst} \cdot n_t}{H_n}$$

gde je,

Qinstn - Instalirani proticaj [m³/s]

Zamenom brojnih vrednosti u navedeni izraz dobija se da se dužina radnog kola turbine **Lr** kreće u rasponu od, **0,430 m** do **0,574 m**. U ovom slučaju se usvaja da dužina radnog kola Crossflow turbine MHE „Zebica II“ iznosi **Lr = 0,500 m**.

Optimalno rastojanje između lopatica radnog kola Crossflow turbine **d₁** (rastojanje po spoljašnjem obimu radnog kola) može se izračunati na osnovu izraza,

$$d_1 = \frac{k \cdot D_r}{\sin \beta}$$

gde je,

Dr - Prečnik radnog kola turbine [m]

k - Konstanta (0,087)

β - Optimalni ugao lopatice koji iznosi približno 30°

Prethodni izraz se zamenom navedenih brojnih vrednosti može uprostiti i svesti na izraz,

$$d_o = 0,174 \cdot D_r$$

Na osnovu prethodno navedenog izraza može se izračunati da optimalno rastojanje između lopatica radnog kola Crossflow turbine MHE „Zebica II“ iznosi **d₁ = 27,0 mm**. Osim toga iz navedenih izraza

može se izračunati da je optimalan broj lopatica radnog kola Crossflow turbine **nl** fiksna i da on iznosi **18**.

Debljina mlaza Crossflow turbine **dm** može se izračunati na osnovu sledećeg izraza,

$$d_m = 0,22 \cdot \frac{Q_{inst}}{L_r \cdot \sqrt{H_n}}$$

Zamenom brojnih vrednosti u navedeni izraz dobija se da debljina mlaza Crossflow turbine MHE „Zebica II“ iznosi **dm = 14,9 mm**.

Dužina lopatica radnog kola Crossflow turbine može se izračunati na osnovu izraza,

$$l = 0,17 \cdot D_r,$$

odakle se dobija da je **l = 51,0 mm**.

U tabeli 5-4 sumarno su prikazani rezultati prethodno prezentovanog proračuna osnovnih parametara Crossflow turbine MHE „Zebica II“.

Tabela 5-4: Osnovni parametri Crossflow turbine MHE „Zebica II“

Osnovni parametri turbine			
Naziv	Oznaka	Vrednost	Jedinica
Instalisani proticaj kroz turbinu	Q_{inst}	0,246	m ³ /s
Neto pad	H_n	40,86	m
Mehanička snaga na vratilu turbine	Pt	90	kW
Prečnik radnog kola	D_r	260	mm
Dužina radnog kola	L_r	500	mm
Sinhrona brzina	N_s	1000	min ⁻¹
Broj komora turbine	nk	2	/
Multiplikator	/	ne	(
Prenosni odnos multiplikatora	/	/	/

Na crtežima G02-09-01, G02-09-02 i G02-09-05 prikazana je osnova, temelji i presek mašinske zgrade MHE „Zebica II“. Na ovim crtežima prikazan je agregat i ostala mašinska i hidromašinska oprema MHE „Zebica II“ kao i raspored ove opreme u mašinskoj zgradi. Na ovim crtežima takođe su vidljivi i način montaže navedene opreme i njene osnovne dimenzije.

5.3.2. Cevovod pod pritiskom

Sistem za transport vode MHE „Zebica II“ bazira se na odgovarajućem cevovodu pod pritiskom. Za izradu ovakvih cevovoda mogu se upotrebiti razne vrste materijala od kojih se najčešće sreću tri, polietilen visoke gustine (HDPE - High Density Polyethylene), nezasićena poliesterska smola ojačana staklenim vlaknima (GRP-glass reinforced plastic, unsaturated polyester resin) i čelik.

Kako bruto pad MHE „Zebica II“ iznosi **H_b = 42,08 m** hidrostatički pritisak na zidove njenog cevovoda pod pritiskom neposredno ispred turbine iznosi, **4,2 bar-a**.

Sa druge strane, tokom rada cevovoda može doći do pojave vodenog (hidrauličkog) udara (nestacionarni režim) što dovodi i do drastičnog porasta pritiska u njegovim pojedinim delovima. Uzimajući u obzir navedeno, jasno je da cevovod mora biti tako dimenzionisan da podnese i ova

opterećenja odnosno mora se ispitati sigurnost rada cevovoda i u prelaznim (havarijskim) režimima proverom njegove otpornosti na pritiske koji se tom prilikom javljaju.

5.3.2.1. Brzina rasprostiranja udarnog talasa i vreme trajanje faze udara

Brzina rasprostiranja udarnog talasa u cevovodu (brzina zvuka) može se izračunati na osnovu izraza,

$$v_t = \sqrt{\frac{1}{\rho_v \left(\frac{1}{K_v} + \frac{D_c}{K_c \cdot d_c} \right)}}$$

gde je, ρ_v - Gustina vode (1000 kg/m³)

K_v - Modul stišljivosti vode ($2,03 \cdot 10^9$ N/m²)

K_c - Modul elastičnosti materijala od kog je napravljen cevovod [N/m]

Za čelične cevovode $K_{c\check{c}e} = 2,07 \cdot 10^{11}$ N/m² a zamenom i ostalih brojnih vrednosti u prethodni izraz može se izračunati da u slučaju MHE „Zebica II“ brzina rasprostiranja udarnog talasa u njenom cevovodu pod pritiskom iznosi $v = 1000,5$ m/s. Sa druge strane za plastične cevovode modul elastičnosti iznosi, $K_{cP} = 1,30 \cdot 10^{10}$ N/m² pa se pomoću istog izraza može izračunati da brzina rasprostiranja udarnog talasa u ovakvom cevovodu iznosi $v_{tP} = 498,9$ m/s.

Vreme trajanja faze udara može se izračunati na osnovu izraza,

gde je,

L_c - Dužina cevovoda [m]

U slučaju MHE „Zebica II“ može se izračunati da je $t_{u\check{c}e} = 6,00$ s a $t = 12,03$ s odakle sleduje da pri svakom zatvaranju sprovedenog aparata turbine ili predturbinskog zatvarača u vremenima kraćim od prethodno izračunatih u cevovodu pod pritiskom dolazi do potpunog hidrauličkog udara.

$$t_u = \frac{2 \cdot L_c}{v_t}$$

5.3.2.2. Ekvivalentne visine i ostvareni pritisci

Ekvivalentna visina hidrauličkog udara može se izračunati na osnovu izraza,

$$\Delta H_u = \frac{v_t \cdot v_c}{g}$$

gde je,

v_c - Brzina vode u cevovodu pri nominalnom proticaju

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da u slučaju MHE „Zebica II“ ekvivalentna visina u slučaju upotrebe čelika iznosi, $\Delta H_{u\check{c}e} = 159,1$ m a u slučaju upotrebe plastike, $\Delta H_{uP} = 57,5$ m.

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da u slučaju MHE „Zebica II“ ekvivalentna visina u slučaju upotrebe čelika iznosi, $\Delta H_{u\check{c}e} = 159,1$ m a u slučaju upotrebe plastike, $\Delta H_{uP} = 57,5$ m.

Ekvivalentna minimalna i maksimalna visina vodenih stubova u slučaju vodenog udara u cevovodu, mogu se izračunati na osnovu sledećih izraza,

$$H_{\min} = H_0 - \Delta H_u$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta H_u$$

gde je,

H_0 - Bruto visina MHE [m]

Za MHE „Zebica II“ može se izračunati da u slučaju upotrebe čelika minimalna visina iznosi, $H_{\min\check{c}e} = -36,3 \text{ m}$ (apsolutni vakum) a maksimalna visina $H_{\max\check{c}e} = 159,1 \text{ m}$. U slučaju upotrebe plastičnih materijala ove visine iznose, $H_{\min P} = -4,0 \text{ m}$ i $H_{\max P} = 119,0 \text{ m}$.

Spoljšnji pritisak na cev pri apsolutnom vakumu može se izračunati na osnovu izraza,

$$P_v = g \cdot (H_k \cdot \rho_z + H_{vk} \cdot \rho_v)$$

gde je,

H_k - Maksimalna dubina ukopavanja cevovoda [1,5 m]

ρ_z - Gustina materijala u rovu cevovoda (1800 kg/m³)

H_{vk} - Ekvivalentna visina apsolutnog vakuma (-10,33 m)

Zamenom brojnih vrednosti može se izračunati da za MHE „Zebica II“ spoljnji pritisak na njen cevovod pod pritiskom pri apsolutnom vakumu iznosi, $P_v = 127.824 \text{ Pa}$ i to za obe vrste materijala cevovoda.

5.3.2.3. Debljina zida cevovoda

Debljina zida **dc** čeličnih cevovoda određuje se prvenstveno na osnovu nominalnog radnog pritiska za koji je predviđen i to na osnovu izraza,

Prethodno izračunata maksimalna ekvivalentna visina vodenog stuba u cevovodu napravljenog od čelika (159,1 m), praktično određuje minimalni radni pritisak za koji ga treba dimenzionisati što u slučaju cevovoda MHE „Zebica II“ iznosi **16 bar-a** (PN16). Na osnovu ove vrednosti i prethodno navedenog izraza može se izračunati da debljina zida cevovoda MHE „Zebica II“ treba da iznosi minimalno **6,63 mm**.

5.3.4. Ostala hidromašinska, hidromehanička i mehanička oprema

Od važnijih delova ostale hidromašinske opreme u mašinskoj zgradi MHE „Zebica II“ pored turbine potrebno je navesti, predturbinski zatvarač sa elektrohidrauličkim aktuatorom i gravitacionim sigurnosnim zatvaranjem, DN630 (1 kom.), montažno-demontažni element, DN710 i tablastu ustavu na odvodnom kanalu dimenzija 100x100 cm (1 kom.).

Najvažniji element mašinske opreme u mašinskoj zgradi je mosna odnosno kranska dizalica nosivosti do 2,0 t i raspona 6,5 m.

Važniji elementi hidromehaničke opreme na cevovodu pod pritiskom MHE „Zebica II“ su reducir DN710 na DN630 i dilataciona spojnica DN710. Dilataciona spojnica se postavlja neposredno ispred anker bloka mašinske zgrade MHE „Zebica II“ a reducir (konfuzor) ispred predturbinskog zatvarača.

Osim hidromašinske opreme u mašinskoj zgradi MHE „Zebica II“ treba navesti i hidromašinsku i hidromehaničku opremu na VZ-u i taložnici. Važniji delovi ove opreme su tablaste ustave na VZ-nom i ispirnom kanalu VZ-a, dimenzija, 70x90 cm i 100x100 cm, dve tablaste ustave na ispirnim kanalima taložnice dimenzija, 50x60 cm i tablasti zatvarač na ulazu u cevovod pod pritiskom dimenzija 80x80 cm. Od hidromehaničke opreme na VZ-u treba pomenuti grubu rešetku na ulazu u VZ-ni kanal koja se sastoji od 6 segmenata dimenzija, 80x100 cm i finu rešetku na ulazu u cevovod pod pritiskom dimenzija, 152x150 cm.

5.4. Elektrotehnički deo

5.4.1. Uvod

Za MHE „Zebica II“ je predviđeno da radi u potpuno automatskom režimu rada, bez ljudske posade uz mogućnost lokalnog ručnog komandovanja u posebnim situacijama. Ručni režim rada MHE „Zebica II“ predviđen je samo prilikom remonta i/ili eventualnih popravki elektrane. Za MHE „Zebica II“ takođe je predviđeno da kompletnu količinu proizvedene električne energije predaje Distributivnom elektro energetsom sistemu (DEES-u) Republike Srbije odnosno da radi isključivo paralelno sa elektroenergetskom mrežom. Ostrvrski režim rada MHE „Zebica II“ nije predviđen osim u fazi ispitivanja i podešavanja opreme za prilikom remonta i eventualnih popravki MHE.

Na osnovu izlazne snage i prethodno navedenog režima rada kao i na osnovu ostalih specifičnih uslova lokacije u MHE „Zebica II“ predviđena je upotreba **trofaznog, sinhronog generatora izlaznog napona 3x0,23/0,42 kV, 50 Hz**. Sinhroni tip generatora i njegov izlazni napon, su između ostalog, izabrani i u cilju ispunjavanja tehničkih uslova za priključenje MHE „Zebica II“ na DEES kao i radi pouzdanijeg i efikasnijeg rada ove MHE. Uzimajući u obzir instalisanu snagu MHE „Zebica II“, njenu udaljenost od tačke priključenja na DEES i stanje DEES u okruženju usvojeno je da visina izlaznog napona ove MHE iznosi **10 kV**. Na crtežu E01-01-01 "Jednopolna šema MHE", datom u Grafičkom prilogu ovog projekta, prikazani su svi važniji delovi elektro-opreme MHE „Zebica II“.

5.4.2. Generator i generatorska oprema

Prividna snaga generatora MHE se može izračunati na osnovu izraza,

$$S_g = \frac{P_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{mul}}{\cos(\phi)}$$

gde je,

P_t - Mehanička snaga na osovini turbine

η_{mul} - Stepen iskorišćenja multiplikatora

η_g - Stepen iskorišćenja primenjenog generatora pri nominalnim uslovima

$\cos(\phi)$ - Usvojena vrednost faktora snage

Kao što je već navedeno u MHE „Zebica II“ biće instalirana jedna dvokomorna Crossflow turbina mehaničke snage na svojoj osovini, $P_t = 90 \text{ kW}$, $\eta = 0,953$, bez multiplikatora i sa $\cos(\phi) = 0,90$, može se izračunati da potrebna prividna snaga generatora MHE „Zebica II“ iznosi, $S_g = 90 \text{ kVA}$.

Uzimajući u obzir prethodno izračunatu vrednost i na osnovu ostalih uslova i zahteva u slučaju MHE „Zebica II“ biće upotrebljena jedan sinhroni generator sledećih karakteristika,

- Naznačena prividna snaga generatora	220kVA	
- Naznačena aktivna snaga generatora		90kW
- Naznačeni napon generatora (međufazni)		420V
- Naznačeni opseg faktora snage		0,8-1,0
- Naznačena struja generatora		335A
- Naznačena učestanost		50Hz
- Stepen korisnog dejstva		0,953
- Broj polova		2p=3
- Naznačeni broj obrtaja		1000 min⁻¹
- Broj obrtaja pri pobegu		1600 min⁻¹
- Način montaže		IMH10

- Tip pobude
- Tip hlađenja

**bezkontaktni sa rotirajućim ispravljačem
vazdušno**

Uzimajući u obzir tip i snagu generatora primenjenog u MHE „Zebica II“, predviđeni režim rada ove MHE i ostale relevantne uslove za pobudni sistem generatora izabran je bezkontaktni sistem pobude sa rotirajućim ispravljačem i automatskom regulacijom izlaznog napona generatora.

Zadatak pobudnog sistema generatora je da održava izlazni napon generatora u željenim granicama u svim režimima rada MHE. Tokom rada elektrane zahteva se i odgovarajuća statika izlaznog napona odnosno odgovarajuće odstupanje izlaznog napona generatora od nominalne vrednosti u zavisnosti od aktivne snage kojom je opterećen. Sistem regulacije pobude takođe mora posedovati i odgovarajuće limitere odnosno ograničenja (npr. ograničenje po izlaznoj struji generatora, ograničenje po struji pobude itd.).

Opseg regulacije napona od $\pm 5\% U_n$ usvojen je na bazi uobičajenih rešenja preliminarnih razmatranja uslova plasmana proizvedene električne energije pri različitim naponskim prilikama u mreži DEES-a na koju je priključena MHE „Zebica II“ (na predmetnoj lokaciji). Prilikom izbora ovog opsega uzeta je u obzir i mogućnost podešavanja napona ($\pm 2 \times 2,5\%$, u beznaponskom stanju) na visokonaponskoj strani glavnog energetskog transformatora.

5.4.3. Sinhronizacija generatora sa mrežom

Proces sinhronizacije generatora sa mrežom kontroliše poseban uređaj koji se zove Uređaj za sinhronizaciju ili Sinhronizator. Ovaj uređaj upravlja radom turbinskog regulatora od trenutka starta agregata pa do momenta priključenja generatora na mrežu. Na ovaj način Uređaj za sinhronizaciju tokom procesa sinhronizacije praktično kontroliše brzinu obrtanja turbine odnosno generatora.

Zadatak Uređaja za sinhronizaciju je da dovede generator u takav radni režim da dođe do poklapanja učestanosti i faze izlaznog napona generatora sa mrežnim naponom. Prethodno je navedeno da amplitudu izlaznog napona generatora kontroliše njegov pobudni sistem. Ovaj sistem prilikom starta agregata i nakon što brzina obrtanja postane jednaka ili veća od $0,9 \omega_n$ izjednačuje visinu (veličinu amplitude) izlaznog napona generatora sa visinom napona mreže. Nakon poklapanja sva tri prethodno navadena parametra napona generatora i napona mreže (amplituda, učestanost i fazni stav) Uređaj za sinhronizaciju izdaje nalog za uključenje generatorskog prekidača i priključenje generatora na mrežu.

Nakon prolaska određenog vremenskog perioda u kome generator radi u praznom hodu, priključen na mrežu, kontrolu nad turbinskim regulatorom preuzima Uređaj za upravljanje i nadzor a MHE „Zebica II“ prelazi u režim održavanja (regulacije) kote gornje vode.

5.4.4. Tehnički sistem upravljanja

Tehnički sistem upravljanja (TSU) kontroliše i nadzire rad kompletne MHE „Zebica II“ a obavlja i niz drugih zadataka.

Na svim potrebnim lokacijama u mašinskoj zgradi, cevovodu pod pritiskom, vodozahvatnoj građevini i taložnici MHE „Zebica II“ postavljaju se odgovarajući senzori na osnovu kojih TSU MHE „Zebica II“ dobija potrebne informacije o svim važnijim parametrima MHE. Osim toga TSU MHE „Zebica II“ je povezan i sa ostalim uređajima elektrani (Uređaj za sinhronizaciju, zaštite, SCAD-a itd.) čime je omogućena stalna međusobna razmena informacija i između njih.

Na osnovu navedenih signala i informacija, ostalih ulaznih parametara i na osnovu odgovarajućeg algoritma TSU, obavlja pomenute poslove i kontroliše i nadzire rad svih sistema u MHE „Zebica II“.

Kao što je već rečeno da u normalnim uslovima MHE „Zebica II“ radi u režimu regulacije nivoa vode u vodozahvatu. Na ovaj način se iskorišćava kompletna raspoloživa količina vode u reci, postiže maksimalna efikasnost rada MHE uz istovremeno propuštanje garantovanog proticaja odnosno biološkog minimuma preko riblje staze. TSU MHE „Zebica II“ vrši superviziju i koordinaciju svih procesa u MHE, na osnovu navedenog principa. TSU MHE „Zebica II“ je izrađen na bazi standardnog Programabilnog Logičkog Kontrolera (PLC) opšte namene.

5.4.5. Električne zaštite

Svi važniji uređaji i sistemi kao i sama mašinska zgrada MHE „Zebica II“ opremljeni su odgovarajućim zaštitama. Uzimajući u obzir instalisanu snagu, tip, namenu, režim rada i ostale relevantne karakteristike u MHE „Zebica II“ predviđene su sledeće grupe zaštita,

- **Turbinske zaštite**
- **Generatorske zaštite**
- **Zaštite glavnog transformatora**
- **Zaštite kućnog transformatora**
- **Sistemske zaštite**
- **Zaštite spojnog voda**
- **Zaštite mašinske zgrade**

Sve zaštite u MHE „Zebica II“ su izvedene primenom mikroprocesorske tehnologije (numeričke zaštite) što pruža niz prednosti u smislu pouzdanosti, preciznosti i fleksibilnosti rada ovih zaštita kao i mogućnosti daljinskog nadzora i kontrole svih važnijih sistema i procesa u MHE. Primenom mikroprocesorskih zaštita omogućena je i registracija i analiza svih relevantnih događaja (poremećaja) koji se mogu pojaviti tokom rada MHE.

5.4.6. Glavni energetska transformator i kućni transformator

Na crtežu E01-01-01 "Jednopolna električna šema MHE", datom u grafičkom prilogu, prikazan je glavni transformator Te01 koji služi za prilagođenje naponskog nivoa generatorskih sabirnica sa naponskim nivom elektrodistributivne mreže na koju se priključuje MHE „Zebica II“. Uzimajući u obzir pomenute naponske nivoe, ukupnu instalisanu snagu i ostale relevantne parametre, u slučaju MHE „Zebica II“ upotrebljen je standardni elektro distributivni, trofazni transformator u ulju za spoljašnju montažu sa mogućnošću petostepene regulacije napona u beznaponskom stanju.

Karakteristike primenjenog energetskog transformatora MHE „Zebica II“ su sledeće,

- Naznačena snaga	250kVA
- Odnos transformacije	10±2x2,5kV/0,42kV
- Napon kratkog spoja	6%
- Frekvencija	50Hz
- Sprega	Dyn5
- Tip transformatora	uljni
- Tip hladenja	vazdušno, prirodno
- Tip montaže	unutrašnji

Na prethodno navedenoj šemi prikazan je i kućni transformator Te02 prenosnog odnosa 10kV/0,23kV. Kućni transformator je monofazni koji se napaja međufazno sa visokog napona odmah ispred ulaznog

rastavljača. Ovim je omogućen nasmetan rad generatorskih zaštita kao i rad TN-C-S sistema zaštite od opasnog napona dodira u mašinskoj zgradi.

Karakteristike primenjenog kućnog transformatora MHE „Zebica II“ su sledeće,

- Naznačena snaga	10kVA
- Odnos transformacije	10'kV±0,23kV(monofazni)
- Frekvencija	50Hz
- Tip transformatora	suvi
- Tip hlađenja	vazdušno, prirodno
- Tip montaže	unutrašnji

5.4.7. Oprema srednjeg napona

Na crtežu E01-01-01, "Jednopolna električna šema MHE", prikazana je i jednopolna šema sredjenaponske (SN) opreme MHE „Zebica II“. SN oprema MHE „Zebica II“ čini njeno SN postrojenje. SN postrojenje MHE „Zebica II“ izrađeno je na bazi tipskih, fabričkih, 10 kV-nih ćelija i sastoji se i od dve ćelije i to, prekidačke, i mernoizvodne ćelije.

U prekidačkoj ćeliji se nalazi izvlačivi vakumski prekidač (Q04) koji može biti i izolovan SF6 gasom i koji ima ulogu spojnog prekidača. Spojni prekidač služi da zaštiti elektranu od kvarova i poremećaja u distributivnoj elektroenergetskoj mreži na koju je ona priključena.

Mernoizvodna ćelija između ostalog sadrži u sebi tri naponska i tri strujna merna transformatora koji zajedno sa odgovarajućim brojiлом služe za obračunsko merenje predate i poremećaja u distributivnoj elektroenergetskoj mreži na koju je ona priključena.

Mernoizvodna ćelija između ostalog sadrži u sebi tri naponska i tri strujna merna transformatora koji zajedno sa odgovarajućim brojiлом služe za obračunsko merenje predate i primljene električne energije i snage na srednjem naponu i na izlazu iz MHE (U07) kao i za potrebe rada systemske zaštite MHE (U06) i zaštite spojnog voda (U08). U merno izvodnoj ćeliji nalazi se još i tropoložajni rastavljač sa noževima za uzemljenje (Q05), izolovan gasom SF6 (može biti i vazdušni) i odvodnici prenapona (O2). Glavni energetski transformator i ostala sredjenaponska (SN) oprema MHE „Zebica II“ (SN postrojenje MHE), smešteni su u montažnu betonsku transformatorsku stanicu (MBTS) ili TS kontejnerskog tipa. Glavni energetski transformator i SN postrojenje MHE „Zebica II“ su fizički odvojeni odnosno nalaze se u zasebnim odeljcima. Na ulaznim vratima i na bočnom zidu MBTS odnosno kontejnerske TS postavljaju se ventilacione rešetke - žaluzine, za potrebe hlađenja glavnog energetskog transformatora. MBTS odnosno kontejnerska TS MHE „Zebica II“ se u skladu sa odgovajućim propisima i standardima, izrađuje od prefabrikovanih elemenata od kojih se sklapa na licu mesta. Kompletna SN oprema instalirana u SN postrojenju MHE „Zebica II“ kao i glavni energetski transformator spadaju u grupu standardne elektrodistributivne opreme. Ovim se minimiziraju troškovi izgradnje i pojednostavljuje montaža, puštanje u rad i održavanje elektrane.

5.4.8. Priključenje MHE „Zebica II“ na DEES

MHE „Zebica II“ se preko zasebnog spojnog voda priključuje na 10 kV-nu mrežu DEES Republike Srbije u odgovarajućoj tački. U tački priključenja MHE „Zebica II“ na DEES nalaziće se sva potrebna rasklopna i kontrolno-zaštitna oprema i eventualno merna oprema koja služi za obračunsko merenje predate i primljene električne energije i snage. Tačnu poziciju tačke priključenja i ostale uslove za priključenje MHE „Zebica II“ na DEES odrediće nadležno PD za distribuciju električne energije u skladu sa zakonskom procedurom.

Napomena: U slučaju da se u tački priključenja MHE „Zebica II“ na DEES instalira oprema za obračunsko merenje predate i primljene električne energije i snage otpada potreba za postavljanjem iste opreme u samoj elektrani.

5.5. Pregled tehničkih karakteristika MHE

Uzimajući u obzir rezultate prethodnih proračuna i usvajajući navedene zaključke kao i na osnovu ostalih parametara i uslova važećih za predmetnu lokaciju mogu se definisati osnovne tehničke karakteristike MHE „Zebica II“. Ove karakteristike su sledeće,

- Lokacija	Mesto Zebica, opština Kuršumljia
- Vodotok	Đački Potok
- Srednji proticaj	0,123m ³ /s
- Stogodišnje velike vode	14,17 m ³ /s
- Biološki minimum	0,012 m ³ /s
- Instalirani proticaj	0,246 m ³ /s
- Stepen instalisanosti (Q _{inst} /Q)	1,894
- Kota normalnog uspora	529,20 mnm
- Kota donjeg nivoa vode (pri Q _{inst})	487,12 mnm
- Bruto pad postrojenja	H _{br} = 42,08 m
- Neto pad postrojenja	H _n = 40,86 m (pri Q _{inst})
- Broj i tip turbine	1, dvokomorna Crossflow turbina
- Instalirana snaga	90 kW
- Instalirana snaga generatora	90kVAkW
- Prosečna godišnja proizvodnja električne energije	369,0 MWh
- Prečnik cevovoda pod pritiskom (unutrašnji)	450 mm
- Dužina cevovoda pod pritiskom	815 m
- Naponski nivo ED mreže na koju se elektrana priključuje	10kV

6. Zaštita prirode i životne sredine

6.1. Uvod

Male hidroelektrane imaju značajnu ulogu u hidrotehničkim sistemima za korišćenje voda i one ispoljavaju brojne prednosti u odnosu na srednje i velike hidroelektrane a posebno u odnosu na akumulacione hidroelektrane u smislu mogućih negativnih uticaja na prirodu i životnu sredinu. Zahvaljujući svojim konstruktivnim i radnim karakteristikama i primenjenim rešenjima one se mogu jednostavno i pouzdano uklopiti u okruženje kao i u postojeću i buduću infrastrukturu uz poštovanje potreba drugih korisnika prostora i vode i uz poštovanje uslova zaštite prirode i životne sredine.

Izgradnjom MHE smanjuje se rizik od plavljenja, omogućuje kontrola proticaja i korišćenja vode za potrebe poljoprivrede i za snabdevanje stanovništva. Mala akumulaciona jezera koja nastaju izgradnjom MHE mogu se koristiti i za sportsko-rekreativne svrhe kao i u turističke svrhe, a da se njihovom izgradnjom ne utiče se bitno na promene geoloških i seizmičkih karakteristika okolnog terena niti na promene korita i obala predmetnog vodotoka.

Manje akumulacije ne prouzrokuju ni značajne efekte termičke stratifikacije vode, a prolaskom kroz turbine voda se po pravilu dodatno obogaćuje kiseonikom.

Uprkos navedenim pogodnostima MHE mogu imati i niz nepovoljnih uticaja na životnu sredinu, posebno u pogledu mogućih promena kvaliteta vode i brzih fluktuacija proticaja i nivoa vode (u akumulaciji i nizvodno).

6.2. Specifičnosti tehničkog rešenja MHE „Zebica II“

U pogledu procene mogućih uticaja izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“ na okolnu prirodu i životnu sredinu neophodno je uzeti u obzir nekoliko tehničko-tehnoloških i drugih specifičnosti ove MHE. Ove specifičnosti će biti navedene u nastavku teksta.

6.2.1. Konstrukcija riblje staze i sistema za zahvatanje vode

Na crtežu G03-03-02, *Vodozahvat preseki - presek A-A* je vidljivo da je kota otvora za riblju stazu niža od kote preliva VZ-nog kanala (uzvodna gornja ivica rešetke VZ-nog kanala) za **10 cm**. Primenom ovakvog konstruktivnog rešenja obezbeđeno je da preko riblje staze MHE „Zebica II“ prolazi projektovana količina vode (biološki minimum odnosno garantovani proticaj) u svakom trenutku nezavisno od rada same MHE. Ovo se dešava čak i u slučaju otkaza sistema za regulaciju kote gornje vode MHE (turbinskog regulatora) jer je primenjenim tehničkim rešenjem fizički onemogućeno da voda prispela u VZ pre dospe u VZ-ni kanal nego u riblju stazu. Ovim se garantuje propuštanje biološkog minimuma preko riblje staze odnosno preko VZ-ne građevine u svim režimima rada MHE „Zebica II“ i pri svim protocima Đačkog Potoka.

6.2.2. Kvalitet vode

Prilikom realizacije MHE „Zebica II“ biće upotrebljeni takvi materijali za izradu delova opreme i objekata ove MHE koji su apsolutno inertni u hemijskom i biološkom pogledu prilikom kontakta sa vodom. Pri ovome se prvenstveno misli na opremu i objekte sistema za transport vode (taložnica, cevovod pod pritiskom, itd.) kao i na samu turbinu sa odvodnim kanalom (predturbinski zatvarač, regulatorne klapne, radno kolo itd.). Odavde dalje sleduje da je voda Đačkog Potoka nakon zahvatanja, prolaska kroz sistem za transport vode i kroz turbinsko postrojenje MHE „Zebica II“ i na kraju nakon njenog povratka u korito Đačkog Potoka u potpunosti neizmenjena u hemijskom i biološkom smislu. Može se reći da je kvalitet vode u reci Manastirici posle MHE „Zebica II“ u izvesnoj meri čak i poboljšan jer je voda očišćena od mehaničkih nečistoća (nanosa) a radom turbine izvršena je i njena dodatna areacija.

6.2.3. Gabariti i način izvođenja

Analizom dimenzija objekata MHE „Zebica II“ može se uočiti da oni imaju relativno male gabarite što zajedno sa primenjenim konstruktivnim rešenjima omogućuje jednostavno i lako uklapanje ove elektrane u okolini ambijent. Sa druge strane za cevovod pod pritiskom MHE „Zebica II“ je predviđeno da bude ukopan u zemlju na svim delovima njegove trase gde je to moguće. Osim toga nakon završetka radova i prolaska izvesnog vremenskog perioda, zemljište i vegetacija iznad i u okolini cevovoda vratiće se u prvobitno stanje tako da će poremećaj do koga je došlo izgradnjom cevovoda pod pritiskom MHE „Zebica II“ postati zanemarljiv.

6.2.4. Zaključak

Na osnovu svih prethodno navedenih činjenica može se zaključiti da primena opisanih tehničko - tehnoloških rešenja prilikom realizacije MHE „Zebica II“ donosi niz prednosti u pogledu očuvanja

prirode i životne sredine. Ovim se dodatno smanjuje inače mali negativan uticaj ove elektrane na okolnu prirodu i životnu sredinu a postižu se i određeni pozitivni efekti.

6.3. Procena uticaja na prirodu i životnu sredinu

6.3.1. Osnovni ulazni podaci

MHE „Zebica II“ spada u grupu manjih hidroenergetskih objekata. Sastoji se od jedne Vzne građevine, cevovoda pod pritiskom i jedne mašinske zgrade u kojoj će biti smešten jedan odnosno dva agregat/a (turbina + generator). Izgradnja MHE „Zebica II“ ne ugrožava se ni jedan postojeći objekat u okolini.

Mogući uticaji MHE „Zebica II“ na prirodu i životnu sredinu mogu se podeliti u dve grupe,

- Uticaji u toku faze izgradnje MHE;
- Uticaji u toku eksploatacije MHE;

Pored navedenog, u okviru sagledavanja ukupnog uticaja MHE „Zebica II“ na prirodu i životnu sredinu mogu se konstatovati i ne mali pozitivni efekti. Ovo se posebno odnosi na značajno smanjenje vučenog i suspendovanog nanosa koji se transportuje Đačkim Potokom, smanjenje opasnosti od poplava u području nizvodno od VZ-ne građevine MHE „Zebica II“ kao i dodatna areacija vode usled rada turbine.

6.3.2. Uticaji tokom izgradnje i eksploatacije MHE

U pogledu mogućih uticaja na prirodu i životnu sredinu neophodno je analizirati mogući uticaj prilikom izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“, i to,

Tokom izgradnje: promena karakteristika i stabilnosti tla na mestu lokacije MHE, pojave erozije rečnog korita i obala, zagađenja vazduha, voda i zemljišta, pojavu buke, vizuelnih efekata, socijalnih i ekonomskih efekata;

Tokom eksploatacije: pojave erozije rečnog korita i obala odnosno okolnog zemljišta, zagađenja vazduha, voda i zemljišta, mogućih promena kvaliteta vode i zemljišta, fluktuacije veličine proticaja i nivoa voda, direktnih uticaja na riblji i drugi živi svet u vodi i na obalama reke, vizuelnih efekata i socijalnih i ekonomskih uticaja.

Imajući u vidu obim i vrstu građevinskih radova, tip opreme koja će biti ugrađena, nivo obaveznog infrastrukturnog opremanja, kao i efekte do kojih može doći kod izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“, mogući uticaji ovog objekta na životnu sredinu mogu se svesti na sledeće,

- Sprečavanje slobodnog kretanja ihtiofaune i drugih vodenih organizama i narušavanje vodenih ekosistema;
- Intervencije u koritu reke kojima se blokira razvoj hranidbene baze (makrozoobentos) živog sveta, posebno ihtiofaune;
- Potapanje objekata ili pojedinih prirodnih resursa (put, most, infrastruktura, poljoprivredno zemljište, šume itd.);
- Potapanje objekata ili prirodnih resursa (uzvodno) usled nailaska velikih voda i otežanog propuštanja tih voda u zoni vodozahvatne građevine MHE;
- Potapanje objekata ili prirodnih resursa (nizvodno) usled jednovremenog nailaska velikih voda i jednovremenog pucanja brane i formiranja poplavnog talasa;
- Plavljenje elektromreže o okolini mašinske zgrade MHE;
- Oštećenje prirodnog dobra mineraloško-petrografskog porekla;
- Oštećenje ostataka materijalne kulture, odnosno pokretnih i nepokretnih kulturnih dobara;

- Deponovanje otpadnih materija, do kojih će doći tokom izgradnje objekta;
- Zasipanje akumulacije i neredovno čišćenje rečnog nanosa;
- Vizuelna degradacija prostora usled primene neadekvatnih građevinsko-arhitektonskih rešenja pri izgradnji objekata;
- Erozija obala usled građevinskih radova;
- Erozija obale Đačkog Potoka i okolnog područja usled primene neadekvatnog građevinskog rešenja za ispuštanje vode iz mašinske zgrade, za slapište odnosno preliv Vzne građevine kao i za sistem transporta vode od VZ-ne građevine do mašinske zgrade (cevovod pod pritiskom).

6.3.3. Mogući negativni uticaji na faunu

Određeni aspekti izgradnje i eksploatacije MHE mogu ispoljiti izvesno negativno dejstvo na faunu, sa posledicama na raznovrsnost i brojnost populacija vrsta koje se nalaze na području obuhvaćenom izgradnjom odgovarajuće infrastrukture. Izgradnja brana i formiranje veštačkih hidroakumulacija, izgradnja objekata samih elektrana, uređenje priobalja i izgradnja pristupne saobraćajne infrastrukture najčešće ima za posledicu,

- Izmenu ili devastaciju prirodnih staništa u zoni potapanja;
- Presecanje važnih komunikacionih koridora između populacija, koji veoma često vode baš kroz rečne doline;
- Nestanak ili smanjenje površina i delova staništa koje životinje koriste kao zaklone, skloništa, zimovališta ili reproduktivne teritorije (gnezdilišta, mrestilišta);
- Rečne doline, naročito teže pristupačne, su vrlo često i svojevrsni "populacioni rezervoari" iz kojih se jedinkama ili porodičnim grupama pojedinih vrsta popunjava okolni prostor i pogodna staništa;
- Potapanjem rečnih dolina smanjuje se prostor ovih refugijuma i njihov kapacitet kao populacionih rezervoara;
- Podizanje nivoa vode bi moglo ugroziti staništa semiakvatičnih vrsta i potopiti relativno uske ravne delove rečnih dolina;
- Izgradnja MHE uključuje i izgradnju objekata od čvrstog materijala i njihovo pozicioniranje na predmetnom području. S obzirom na tip i karakteristike predmetne MHE, broj i veličina tih objekata su prilagođeni nameni i kapacitetu same elektrane. Prostorni i impaktni obuhvat ovih objekata je vrlo ograničen, i bez nekih ozbiljnih negativnih uticaja na živi svet;
- Ostali predviđeni radovi na lokaciji, eventualna lokalizovana regulacija vodotoka i izgradnja pristupne i manipulativne saobraćajne infrastrukture neće ispoljiti dugoročne i fundamentalne negativne efekte;
- Negativni efekti se mogu ispoljiti i u slučaju nekih akcidentalnih situacija tokom izvođenja radova i u toku eksploatacije same MHE. Tu se prvenstveno misli na eventualno izlivanje određenih zagađujućih materija, goriva, motornih ulja ili drugih hemijskih materija u životnu sredinu. Ove situacije treba predvideti u sklopu odgovarajućih mera zaštite prirode i životne sredine.

Određeni aspekti izgradnje i eksploatacije MHE mogu ispoljiti izvesno negativno dejstvo na floru, vegetaciju i faunu, sa posledicama na raznovrsnost i brojnost populacija vrsta koje se nalaze na području obuhvaćenom izgradnjom odgovarajuće infrastrukture.

Kao najznačajniji faktori uticaja su definisani,

- izgradnja vodozahvatne građevine i formiranje veštačke hidroakumulacije,
- izgradnja objekata same MHE,
- uređenje priobalja i izgradnja pristupne saobraćajne infrastrukture.

Analizom dejstva impakt-faktora na komponente florističkog, vegetacijskog i faunističkog diverziteta, došlo se do sledećih sinteznih zaključaka,

- Planirane aktivnosti na odabranoj lokaciji će biti relativno ograničenog prostornog i vremenskog obuhvata;
- Efekti koji će se pri njima javiti neće imati značajnije negativno dejstvo na komponente biodiverziteta;

Eventualni negativni efekti će biti relativno lako kompenzovani na predmetnoj lokaciji nakon prestanka radova, kao i okolnom prostoru sa sličnim ekogeografskim osobinama.

Za svaki od mogućih navedenih uticaja definisane su odgovarajuće mere zaštite prirode i životne sredine.

Pored mogućih negativnih efekata, realizacija projekta izgradnje MHE će imati i određene pozitivne uticaje,

- Dodatna aeracija vode u letnjim mesecima;
- Zaustavljanje poplavnog talasa u periodima visokih voda koji negativno utiče na riblju mlad i živi svet uopšte;
- Umanjenje negativnog dejstva "vučenog nanosa" koji ima izraženo negativno dejstvo na floru i faunu dna, ali i riblju mlad;
- Smanjenje poljoprivrednih površina (nizvodno) ugroženih poplavama;
- Manja izloženost seoskih domaćinstava u nizvodnom delu doline, riziku od poplava;
- Smanjenje negativnih efekata rečne erozije;
- Ekonomska korist od proizvedene ekološki čiste energije;
- Ekološki, u smislu upotrebe obnovljivih izvora energije;

6.4. Mere zaštite životne sredine

Prilikom projektovanja, izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“, moraju se primeniti odgovarajuće mere zaštite životne sredine. Mere zaštite životne sredine mogu se podeliti na opšte i posebne.

U nastavku teksta biće navedene osnovne mere zaštite životne sredine za MHE „Zebica II“ koje spadaju u obe prethodno navedene grupe.

6.4.1. Opšte mere

Pri izradi neophodne dokumentacije, izgradnji i eksploataciji objekta investitor - korisnik

- izvođač radova - projektant objekta mora/moraju se pridržavati sledećih mera i uslova zaštite prirode i životne sredine,
- Pri svim planiranim radovima investitor se mora striktno pridržavati mera zaštite koje su propisane odgovarajućim zakonskim i podzakonskim aktima kao i odgovarajućim uslovima nadležnih institucija;
- Negativni efekti neredovnog čišćenja rečnog nanosa se pre svega odnose na sprečavanje rada MHE što će svakako biti onemogućeno redovnim čišćenjem rečnog nanosa i njegovim uklanjanjem;
- Oštećenje bilo kakvog prirodnog dobra mineraloško-petrografskog porekla tokom izvođenja građevinskih radova će biti onemogućeno propisivanjem odgovarajućih mera zaštite. U slučaju ugrožavanja navedenog dobra ili dobara Izvođač radova će imati obavezu da privremeno obustavi radove do dolaska ovlašćenog lica iz nadležnog Zavoda za zaštitu prirode Srbije i da postupi u skladu sa naloženim;
- Slična mera zaštite je propisana i u slučaju da se tokom izvođenja zemljanih radova otkriju pokretna ili nepokretna kulturna dobra, s tim da je u ovom slučaju nadležan Zavod za zaštitu spomenika kulture;

- Svi hidrograđevinski i građevinski objekti moraju biti tako izgrađeni da se skladno uklape u okolni prirodni ambijent;
- U slučaju korišćenja betona neophodno je, na svim mestima gde je to moguće, obložiti ga sa spoljne strane grubo klesanim kamenom ili drugim prirodnim materijalom a potrebno betoniranje svesti na minimum;
- Uklanjanje visoke vegetacije u priobalnom pojasu, na lokaciji predviđenoj za izgradnju VZ-ne građevine, cevovoda i mašinske zgrade treba da bude svedeno na najmanju moguću meru;
- Objekat mašinske zgrade mora biti tako izgrađen da se eliminiše mogućnost ugrožavanja objekta, mašinske i druge opreme u njemu u periodima velikih voda;
- Građevinski radovi na izgradnji i eksploataciji MHE ne smeju da izazovu bilo kakve poremećaje stabilnosti okolnog terena, kao i procese erozije;
- Potpuno pregrađivanje rečnog toka je neprihvatljivo jer predstavlja trajno sprečavanje migracije ihtiofaune i drugih organizama u vodi. Ovaj izrazito nepovoljan efekat se eliminiše izgradnjom odgovarajuće riblje staze. Izgradnja odgovarajuće riblje staze je obavezna a ona mora biti tako dimenzionisana i pozicionirana u odnosu na ostatak Vznegrađevine da u njoj vode ima uvek i u dovoljnoj količini za nesmetani prolaz ihtiofaune i drugih vodenih organizama;
- Nesmetano funkcionisanje riblje staze mora imati prioritet u odnosu na proizvodnju električne energije, što znači da u slučaju minimalnih proticaja rad turbine mora biti obustavljen, kako bi u ribljnoj stazi uvek bilo dovoljno vode;
- Konstruktivno rešenje preliva vodozahvatne građevine mora imati dovoljno veliki svetli otvor na prelivu kako bi mogao da propusti merodavne velike vode;
- Kvalitet vode po ispuštanju iz mašinske zgrade mora biti istog kvaliteta kao i u recipijentu;
- Mašinska zgrada i srednjenaponsko postrojenje moraju biti adekvatno obezbeđeni od elektrostatičkog pražnjenja i obezbeđeni od ulaska neovlašćenih lica;
- U okviru MHE predviđena je upotreba suvih energetske transformatora;
- Izgradnja svih konstruktivnih elemenata MHE mora biti realizovana u skladu sa važećim propisima za trusna područja;
- Ispuštanje opasnih i štetnih materija (pogonskih goriva, ulja, maziva i sl.) i otpadnih voda od redovnog održavanja alata i građevinskih mašina tokom izgradnje i u fazi eksploatacije u reku Manastiricu je zabranjeno;
- Profil vodozahvatne građevine mora biti tako konstruisan da se njime omogući stalno proticanje biološkog minimuma (garantovanog proticaja) a u skladu sa izdatim Uslovima Republičkog hidrometeorološkog zavoda;
- Nakon okončanja svih radova obavezno potrebno je sanirati sve degradirane površine (planiranje zemljišta, zatravljivanje, pošumljavanje i sl.) i ukloniti sve viškove građevinskog materijala i opreme, mašine i tome slčno;
- Za sanacione i druge radove na predmetnom prostoru mogu se koristiti isključivo autohtone vrste. Unošenje alohtonih vrsta je strogo zabranjeno;

6.4.2. Posebne mere

U cilju sprečavanja akcidentnih situacija i što većeg umanjavanja negativnih efekata na šticeo prirodno dobro, odnosno na životnu sredinu, propisuju se i sledeće posebne mere štite prirode i životne sredine,

- VZ-na građevina mora biti izgrađena u skladu sa Uslovima Republičkog hidrometeorološkog zavoda kao i nadležne vodoprivredne organizacije;
- U slučaju pucanja VZ-ne građevine i u slučaj pojave iznenadnog poplavnog talasa investitor je obavezan da postupi u skladu sa važećim obavezama propisanim u planu odbrane od poplava i primeni sve neophodne mere zaštite ljudi, materijalnih dobara i životne sredine;
- Mašinsku zgrada mora biti tako pozicionirana i izvedena da u potpunosti bude bezbedna od negativnih uticaja velikih voda;

- Pri izradi projektne dokumentacije neophodno je predvideti sve neophodne protivpožarne mere, kako u fazi izgradnje tako i u fazi eksploatacije objekta MHE;
- Ukoliko iz ma kog razloga dođe do požara investitor je obavezan da izvrši što hitniju sanaciju i što pre obnovi uništenu vegetaciju uz korišćenje isključivo autohtonih vrsta;
- Svi zaposleni i u fazi izgradnje i u fazi eksploatacije moraju da budu obučeni i opremljeni za brzo i efikasno reagovanje u slučaju požara i u slučaju akcidenta;
- Ukoliko se ukaže potreba za upotrebom eksploziva neophodno je primeniti sve mere tehničke zaštite i obezbediti sve zakonom propisane uslove i saglasnosti;

6.5. Pozitivni efekti izgradnje i eksploatacije MHE „Zebica II“

Pored prethodno navedenih pozitivnih efekata na životnu sredinu izgradnjom i eksploatacijom MHE „Zebica II“ pored ostalog ostvaruju se i dodatni pozitivni efekti na životnu sredinu u smislu uštede u potrošnji fosilnih goriva i smanjenja emisije štetnih gasova. U stavku teksta biće navedene procenjene brojne vrednosti ušteda u potrošnji fosilnih goriva i smanjenja emisije štetnih gasova koje se ostvaruju eksploatacijom MHE „Zebica II“.

6.5.1. Uštede u fosilnim gorivima

MHE „Zebica II“ proizvodi električnu energiju korišćenjem hidromehaničke energije vode. Kompletna količina električne energije proizvedena u MHE „Zebica II“ predaje se Elektroenergetskom sistemu Republike Srbije. U istoj meri okolne termoelektrane i ostali termogeni izvori električne energije smanjuju svoju proizvodnju čime se ostvaruju uštede u potrošnji fosilnih goriva i smanjuje se emisija štetnih gasova odnosno gasova staklene bašte.

Proračunske vrednosti ušteda u fosilnim gorivima date su u Tabeli 6-1.

Tabela 6-1: Proračunske uštede u fosilnim gorivima

Smanjenje potrošnje goriva, Prirodni gas	369,0	MWh/god.	=	101.906,1	m ³ /god
Smanjenje potrošnje goriva, Dizel gorivo	369,0	MWh/god.	=	98,9	t/god
Smanjenje potrošnje goriva, Ugalj	369,0	MWh/god.	=	143,1	t/god

Za godišnju proizvodnju od **378,0 MWh** iz MHE „Zebica II“ neophodno je potrošiti **101.906,1m³** prirodnog gasa ili **98,9t** dizel goriva ili **143,1t** uglja.

6.5.2. Smanjenje emisije štetnih gasova

6.5.2.1. Polazni parametri

Proračun smanjenja emisije štetnih gasova, (Green House Gases - GHGs), obavljen je na osnovu sledećih polaznih parametara:

- Emisioni faktori (IPCC 2006) iznose za: ugalj 27,6 t-C/TJ, prirodni gas 15,3 t-C/TJ i dizel gorivo 20,0 t-C/TJ;
- Nivo oksidacije ugljenika prilikom sagorevanja (IPCC, 2006) iznosi za dizel gorivo 99,0%, ugalj 98,0% i prirodni gas 99,5%;
- Stepni iskorišćenja procesa konverzije fosilnih goriva u električnu energiju za područje Republike Srbije su preuzeti iz *Izveštaja o energetskom bilansu* (IEA 2006). Prema ovom izveštaju u Republici Srbiji u 2011 godini efikasnost konverzije, za ugalj iznosi 34,66%, za dizel gorivo 31,8% i za prirodni gas 37,4%.
- Cena CO₂ sertifikata (CO emission certificates, Kyoto CDM) na tržištu Evrope u 2013 godini kretala se u rasponu od 10,20 € do 21,85 € toni CO₂

6.5.2.2. Primenjene metode

Metode korišćene prilikom proračuna smanjenja emisije štetnih gasova su u saglasnosti sa Međunarodnim Panelom o Klimatskim Promenama (IPCC) i odgovarajućim preporukama (IPCC, 2006). Istovremeno su uzete u obzir i informacije, projekcije i preporuke Međunarodne Agencije za (Energetiku International Energy Agency, IEA) kao i zvanični podaci Elektroprivrede Srbije za 2011 godinu.

Proračun smanjenja emisije štetnih gasova obavljen je na bazi sledećih metoda:

- Metoda korišćena prilikom procene redukcije emisije štetnih gasova (the emission reduction of GHGs) je kompatibilna sa metodom, Approved Consolidated Methodology ACM0002 (CDM Executive Board, 2008). Na osnovu ove metode, za područje Republike Srbije emisioni faktor za CO₂ u 2013 godini iznosi **0,781 t/MWh**.
- Za procenu redukcije emisije drugih zagađivača vazduha primenjena je revidirana metoda US DOE metoda, iz 2006 godine.

6.5.2.3. Rezultati smanjenja emisije štetnih gasova odnosno supstanci

Korišćenjem prethodno navedenih metoda i tehnika i uzimajući u obzir da prosečna godišnja proizvodnja električne energije MHE „Zebica II“ iznosi **378,0 MWh**, može se izračunati prosečno godišnje smanjenje emisije štetnih gasova odnosno zagađivača. Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 6-2.

Tabela 6-2: Ukupno smanjenje emisije štetnih gasova

Štetna supstanca	CO ₂ x10 ³	CH ₄	SO ₂	NO _x	CO	VCOC _s
Ukupno smanj. emisije [kg/god.]	500,2	8,3	8.300,7	994,9	18,0	1.540,7

6.6. Zaključak

Izgradnjom i eksploatacijom MHE „Zebica II“, ostvaruje se izvestan uticaj na životnu sredinu. Pre realizacije projekata izgradnje MHE „Zebica II“, neophodno je sagledati sve aspekte ugrožavanja okolne prirode i životne sredine na predmetnoj lokaciji kao i na širem području. Sa druge strane, tokom izgradnje pomenute elektrane neophodno je preduzeti sve potrebne mere u cilju očuvanja okolne prirode i životne sredine i smanjena negativnih uticaja na nju. Primenom prethodno navedenih pravila i metoda kao i ostalih potrebnih mera, negativan uticaj MHE „Zebica II“ na okolnu prirodu i životnu sredinu se minimizira i svodi na praktično zanemarljiv nivo. Takođe je neophodno i tokom eksploatacije MHE „Zebica II“ pridržavati se navedenih kriterijuma i pravila kako se ne bi pojavili negativni efekti na životnu sredinu. Na ovaj način izgradnja i eksploatacija MHE „Zebica II“, u najmanjoj mogućoj meri remeti postojeće stanje okolne prirode i životne sredine predmetne oblasti a postižu se i određeni pozitivni efekti.

7. Program istražnih radova

7.1. Geodezija

Za potrebe sledeće faze izrade tehničke dokumentacije za MHE „Zebica II“ (izrada Projekta za građevinsku dozvolu i Izvođačkog projekta) neophodno je obaviti sledeće dodatne geodetske radove,
- Snimiti i izraditi poprečni preseke terena na poziciji VZ-ne građevine i mašinske zgrade na karakterističnim stacionažama;

- Snimiti i izraditi poprečni preseke terena duž trase cevovoda na karakterističnim stacionažama odnosno na odgovarajućim međusobnim rastojanjima i u odgovarajućoj širini na potezu od mašinske zgrade do taložnice;
- Snimiti podužni profil trase cevovoda pod pritiskom na potezu od mašinske zgrade do taložnice;
- Snimiti pad dna rečnog korita Đačkog Potoka i izraditi pripadajući podužni profil rečnog dna na potezu od tačke koja se nalazi minimalno 50 m nizvodno od mašinske zgrade do tačke koja se nalazi minimalno 50 m uzvodno od uzvodne granice akumulacionog jezera ograničenog kotom maksimalnog uspora (granica isklinjavanja);

7.2. Geologija

Pored navedenog za potrebe sledeće faze izrade tehničke dokumentacije na pozicijama VZ-ne građevine, mašinske zgrade i duž trase cevovoda neophodno je odrediti pogodnost terena za izgradnju objekata MHE „Zebica II“ sa geološkog, hidrogeološkog i geotehničkog aspekta.

U tu svrhu na navedenim lokacijama predviđen je određeni obim geoinžinjerskih istraživanja terena i pripadajućih laboratorijskih ispitivanja čime će se detaljnije utvrditi i definisati sledeće,

- Inženjersko-geološke karakteristike terena;
- Litološki sastav tla;
- Strukturna građa i fizičko-mehanička svojstva terena;
- Hidrogeološke karakteristike terena;
- Granulometrijski sastav i debljina rečnog nanosa na poziciji VZ-ne građevine i mašinske zgrade;

Za realizaciju prethodno navedenog cilja mogu se koristiti sledeće metode i postupci,

- Inženjerskogeološko kartiranje terena;
- Istražno bušenje;
- Iskopavanje istražnih jama;
- Geoelektrična ispitivanja tla;
- Ispitivanje vodopropustljivosti;
- Laboratorijska ispitivanja fizičkomehaničkih karakteristika tla;
- Izrada odgovarajućih izveštaja-elaborata o izvršenom geološko inženjerskom ispitivanju;

Na osnovu navedenih istraživanja potrebno je izraditi odgovarajuće inženjerskogeološke i hidrogeološke podloge potrebne za sledeću fazu projektovanja VZ-ne građevine i mašinske zgrade.

Ove podloge treba da sadrže sledeće,

- Analizu uticaja geološke građe i reljefa terena na izbor mikrolokacije za izgradnju VZ-ne građevine i mašinske zgrade;
- Podatke o seizmičnosti područja mikrolokacije VZ-ne građevine i mašinske zgrade, sa izvršenim određivanjem projektnog i maksimalnog inteziteta zemljotresa na osnovu istraživanja seizmičkog rizika;
- Hidrogeološki profil terena sa posebnim osvrtom na vodopropusnost pod pritiskom i stanje podzemnih voda kao i mogućim uticajima ova dva faktora na objekte;
- Tekućim geodinamičkim procesima i mogućnostima njihovog razvoja za vreme izgradnje i kasnije eksploatacije objekata;
- Geomehničkim svojstvima terena s posebnim osvrtom na nosivost i mogućnost smicanja VZ-ne građevine i pratećih objekata;
- Geotehničkim svojstvima stenskih masa, odnosno njihovog uticaja na iskop, bušenje i razaranje naročito na mestima na kojima će se fundirati i graditi objekti;
- Mogućnostima formiranja pozajmišta prirodnih građevinskih materijala;

Inženjerskogeološke i hidrogeološke podloge potrebne za sledeću fazu projektovanja linijskih objekata (cevovod) treba da sadrže sledeće rezultate:

- Uticaju geološke građe i reljefa terena na objekte;
- Uticaju hidrogeoloških i inženjerskogeoloških svojstava terena na objekte;
- Tekućim geodinamičkim procesima i mogućnostima njihovog razvoja za vreme izgradnje i kasnije eksploatacije MHE;
- Geomehanička i geotehnička svojstva stenskih masa sa posebnom pažnjom na nosivost, odnosno njihov uticaj na iskop, bušenje i razaranje;

8. Troškovi izgradnje

U nastavku teksta biće prezentovan preliminarni predračun troškova izgradnje MHE „Zebica II“ koji je izrađen na bazi prethodno opisanog tehničkog rešenja MHE „Zebica II“.

HPredračun građevinskih i hidrograđevinskih troškova izgradnje MHE „Zebica II“ (materijal i radovi) dat je u tabeli 8-1.

Tabela 8-1: *Građevinski i hidrograđevinski troškovi*

I - Građevinski i hidrograđevinski troškovi		
R.br.	Naziv	Cena [RSD]
1.	Vodozahvat sa ribljom stazom i taložnicom (betonski prelivni prag sa tirolskim zahvat. vode dimenzija, 4,75x7,8x2,5m betonska taložnica dimenzija, 15,7x2,1x2,9m)	907.000
2.	Cevovod pod pritiskom (GRP cevovod $l_{CPP} = 815$ m, $D_u = 450$ mm, PN6)	6.308.000
3.	Mašinska zgrada sa odvodnim kanalom (Armirano betonska zgrada sa odvodnim kanalom, dimenzija 4,5x6,25x7,1m)	1.148.000
4.	Ostali građevinski i hidrograđevinski troškovi	896.000
Ukupno, I - Građevinski i hidrograđevinski troškovi:		9.259.000

Predračun elektromašinske i druge opreme i radova MHE „Zebica II“ dat je u tabeli 8-2.

Tabela 8-2: *Troškovi elektromašinske i druge opreme i radova*

I - Građevinski i hidrograđevinski troškovi		
R.br.	Naziv	Cena [RSD]
1.	Agregat sa pripadajućom opremom (dvokom. Crossflow turbina, $Q_n = 0,22$ m ³ /s, $H_n = 40,86$ m, $P_m = 90$ kW, 1 kom., trof. sinhr. gener., $S_n = 230$ kVA/90kW, $U_n = 3 \times 0,4/0,23$ kV, 1 kom. i ostala prip. oprema)	4.588.000
2.	Hidromašinska, hidromehanička i mašinska oprema (tablaste ustave i zatvarači vodozahvata, grube i fina rešetka, predturbinski zatvarač DN 430 PN16, mont.-demont. element, dilataciona spojnica itd.)	690.000
3.	Ostala hidromašinska i mašinska oprema	352.000
4.	Niskonaponska elektrooprema (rasklopno komandni ormani sa zaštitnim, upravljačkim i kontrolnim uređ. agregata, razvod sopstvene potrošnje, razvod sigurnog napajanja, inst. osvetljenja, uzemlj. itd.)	796.000
5.	Energetski transformator ($S_n = 250$ kVA, $m_n = 10$ kV/0,42kV, - 1 kom.)	450.000

6.	Srednjenaponska elektrooprema u MHE i u tački priključenja (prekid., merna i izvodna ćelija, kućni transf., kabl. veza, MBTS, ostala SN oprema itd.)	900.000
7.	Priključni vod (jednosistemski, 10 kV, Al-Če vazdušni vod, Lv = 1,50 km)	1.100.000
8.	Ostala elektrooprema	600.000
Ukupno, II - Troškovi elektromašinske i druge opreme i radova:		9.476.000

Osim prethodno navedenih troškova izgradnje MHE „Zebica II“, neophodno je odvojiti i određena sredstva za planiranje, projektovanje i menadžment projekta kao i određena sredstva za razne takse, jednokratne naknade, otkup zemljišta i ostale troškove. Ova sredstva predstavljaju osnivačka ulaganja u MHE „Zebica II“ i prikazana su u tabeli 8-3.

Tabela 8-3: Osnivačka ulaganja MHE „Zebica II“

	Naziv	Ukupno [RSD]
I	Planiranje i projektovanje	1.600.000
II	Menadžment projekta	28.000
III	Takse, jednokratne naknade, otkup zemljišta i ostalo	4.000.000
Ukupno (I+II+III)		5.628.000

8.1. Rekapitulacija troškova izgradnje

U tabeli 8-4 data je rekapitulacija ukupnih troškova izgradnje MHE „Zebica II“.

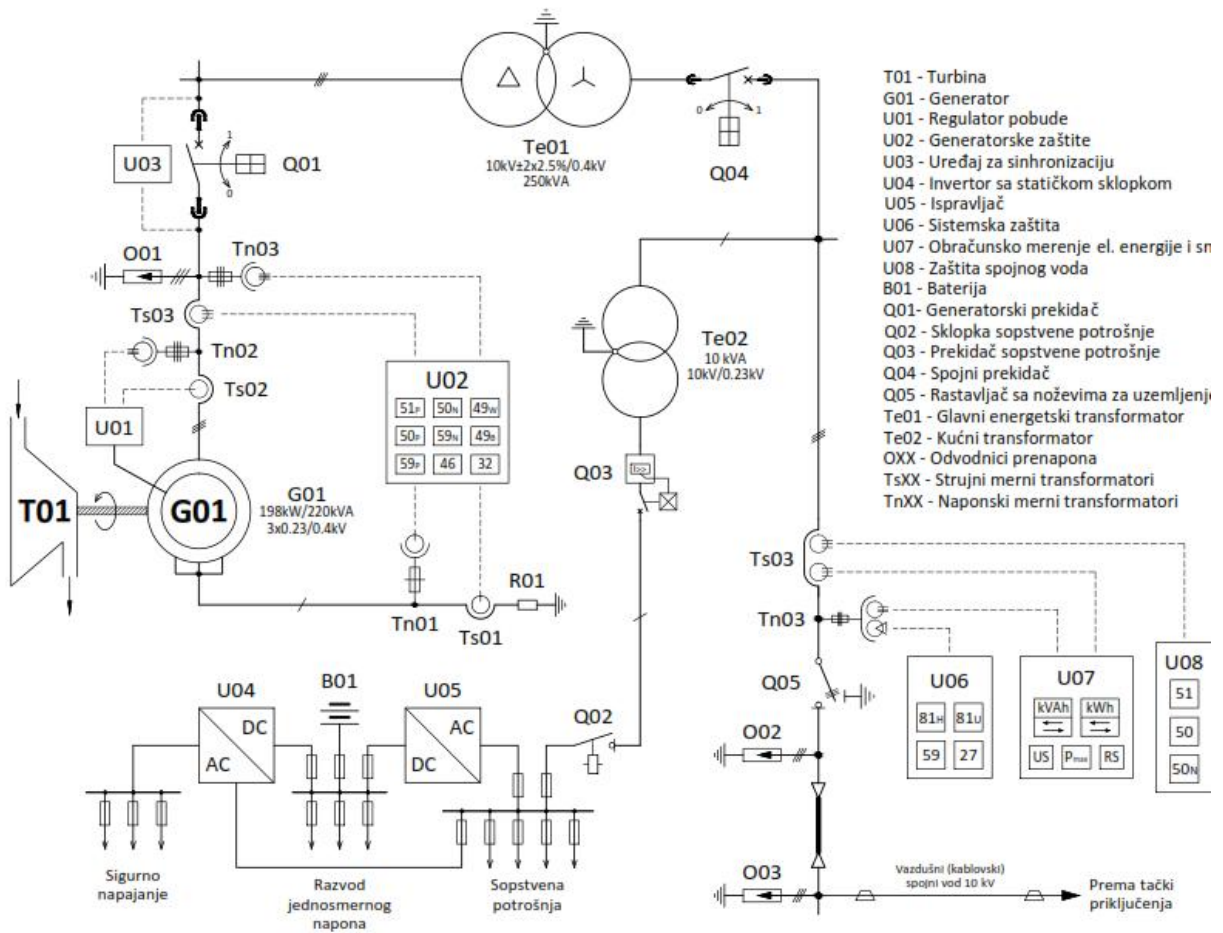
Tabela 8-4: Rekapitulacija troškova izgradnje MHE „Zebica II“

	Naziv	Ukupno [RSD]
I	Građevinski objekti i radovi	9.259.000
II	Elektromašinska oprema i radovi	9.476.000
III	Osnivačka ulaganja	5.628.000
Ukupno (I+II+III)		24.363.000

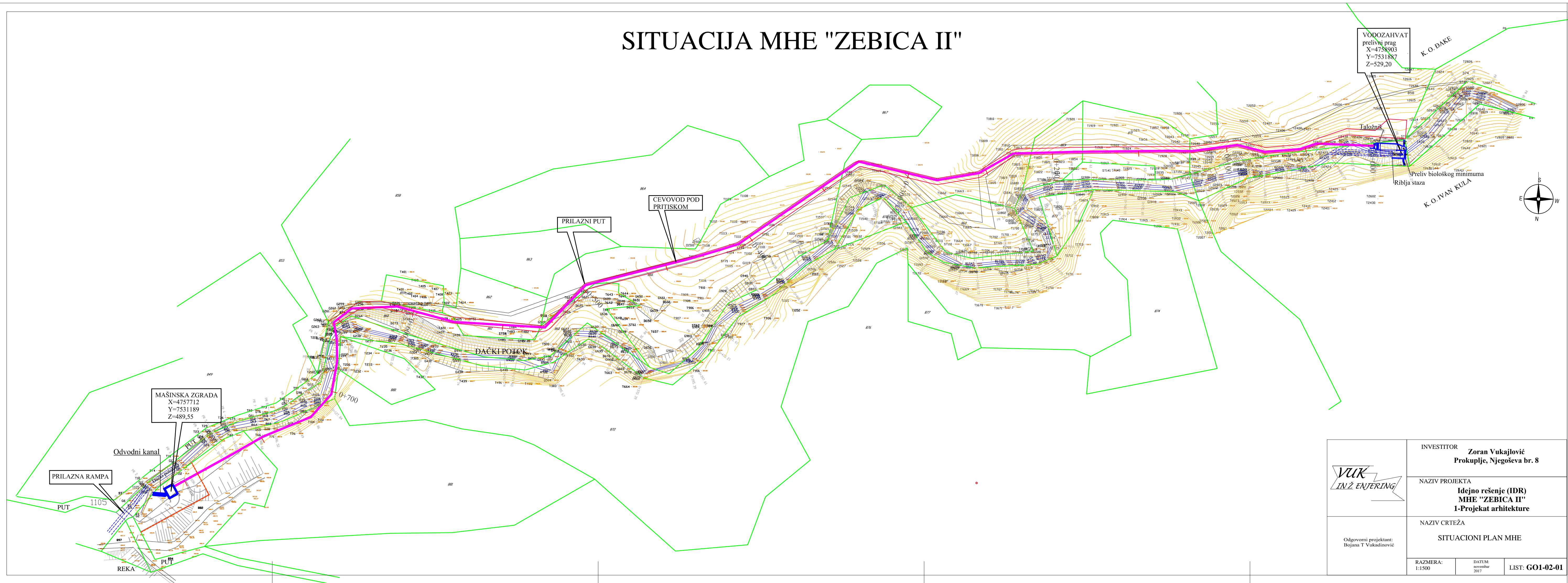
Prezentovani proračun troškova je izrađen na bazi prosečnih cena opreme, materijala i usluga trenutno važećih za tržište Republike Srbije. Kao takav ovaj predračun predstavlja preliminarnu procenu.

Izrada detaljnog proračuna troškova izgradnje MHE „Zebica II“ biće moguća tek nakon završetka naredne faze izrade projektne dokumentacije (izrada Idejnog odnosno Glavnog projekta MHE) i preciznog definisanja svih elemenata ove elektrane. Osim toga za izradu preciznog predračuna nepohodno je pribaviti i detaljne tehno-ekonomske ponude za nabavku opreme i materijala kao i ponude za izvođenje radova na izgradnji MHE „Zebica II“.

Na osnovu instalisane snage i prethodno procenjene vrednosti ukupnih troškova izgradnje MHE „Zebica II“ može se izračunati da jedinična cena izgradnje ove MHE iznosi, 259.588 RSD/kW odnosno 2.093,5 €/kW.



SITUACIJA MHE "ZEBICA II"



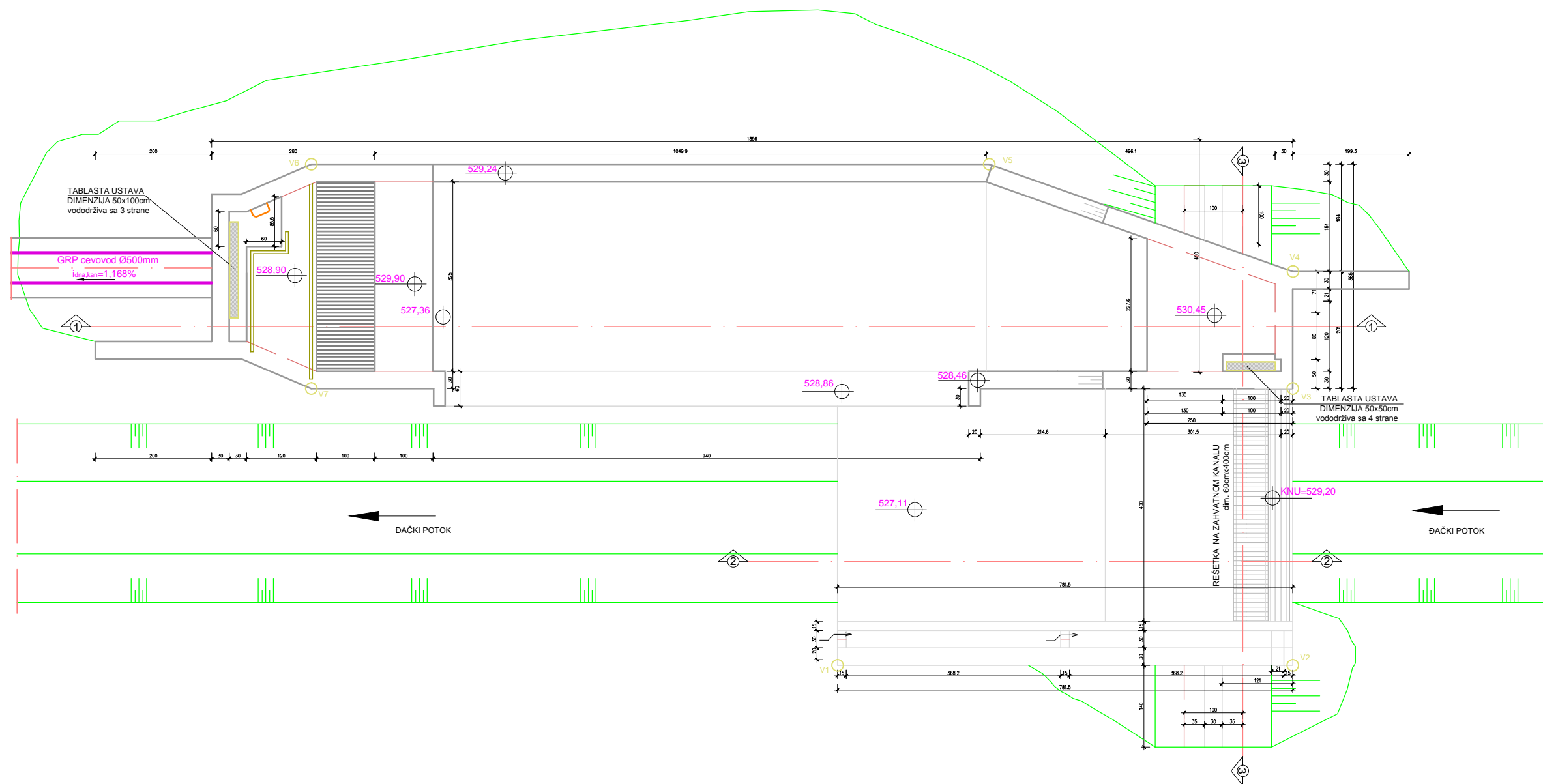
INVESTITOR
Zoran Vukajlović
Prokuplje, Njegoševa br. 8


NAZIV PROJEKTA
Idejno rešenje (IDR)
MHE "ZEBICA II"
I-Projekt arhitekture

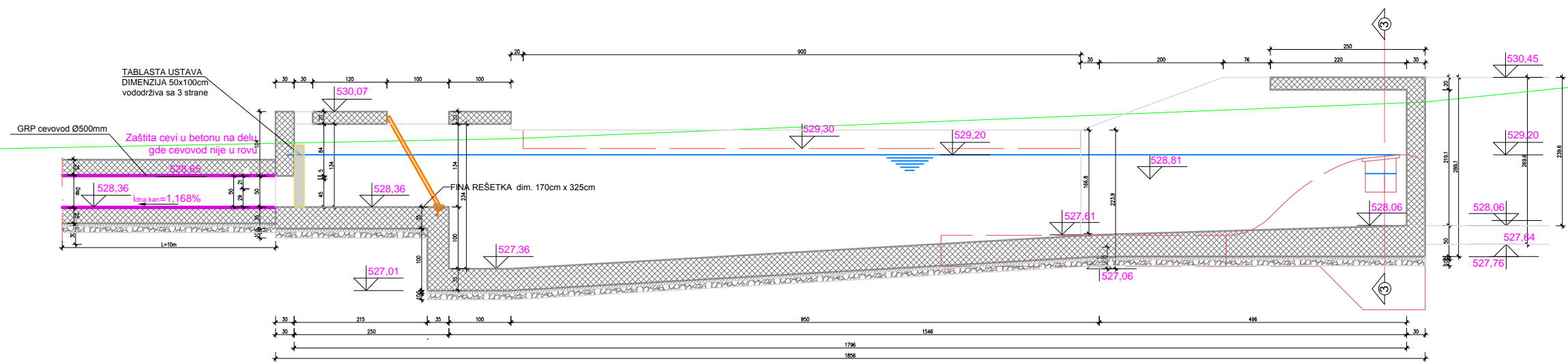
NAZIV CRTEŽA
SITUACIONI PLAN MHE


Odgovorni projektant:
Bojana T Vukadinović

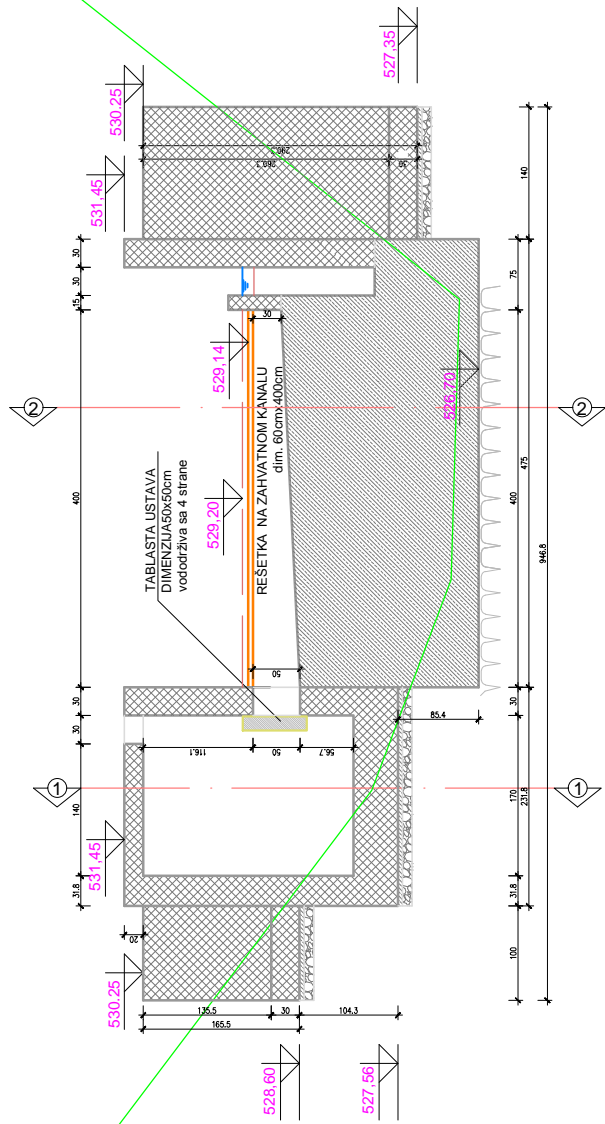
RAZMERA: 1:1500	DATUM: novembar 2017	LIST: GO1-02-01
--------------------	----------------------------	------------------------



	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA VODOZAHVAT SA TALOŽNICOM NA ĐAČKOM POTOKU OSNOVA		
	RAZMERA: 1:75	DATUM: APR 2017	LIST: GO3-03-01

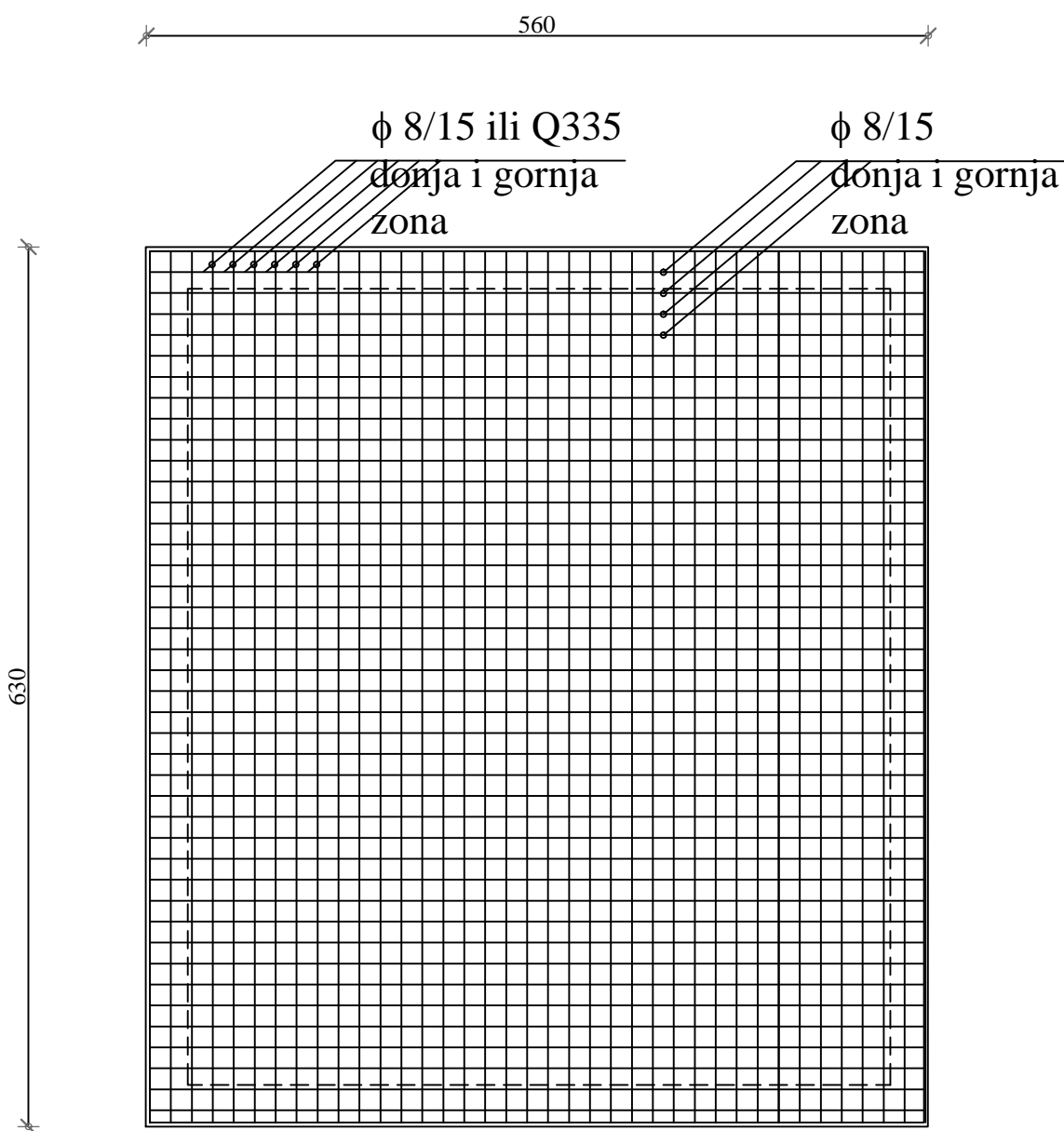


	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekat arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA VODOZAHVAT SA TALOŽNICOM NA ĐAČKOM POTOKU PRESEK 1-1		
	RAZMERA: 1:75	DATUM: APR 2017	LIST: G03-03-02




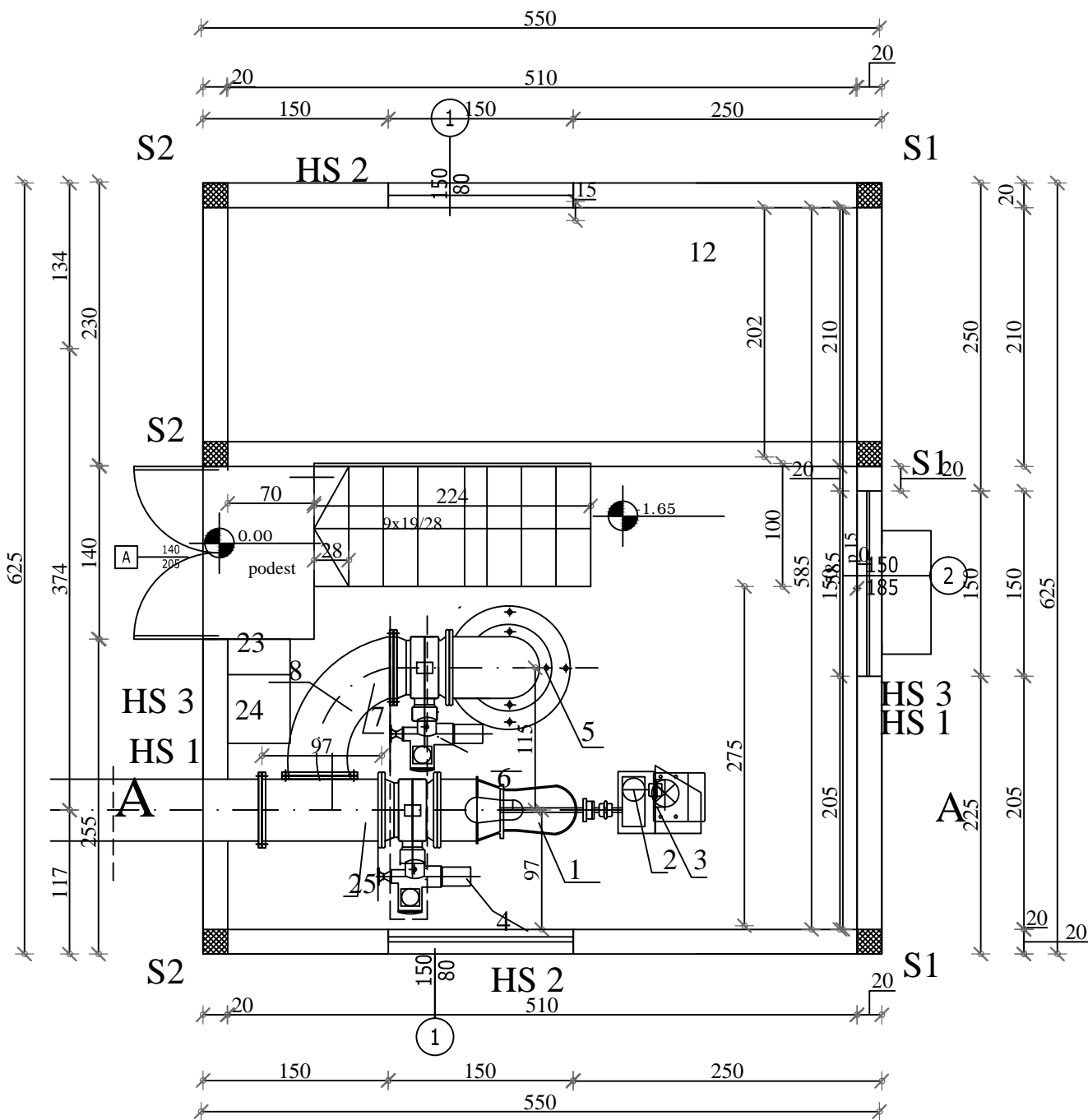
Odgovorni projektant:
Bojana T Vukadinović

INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
NAZIV CRTEŽA VODOZAHVAT SA TALOŽNICOM NA ĐAČKOM POTOKU PRESEK 3-3		
RAZMERA: 1:75	DATUM: APR 2017	LIST: GO3-03-04



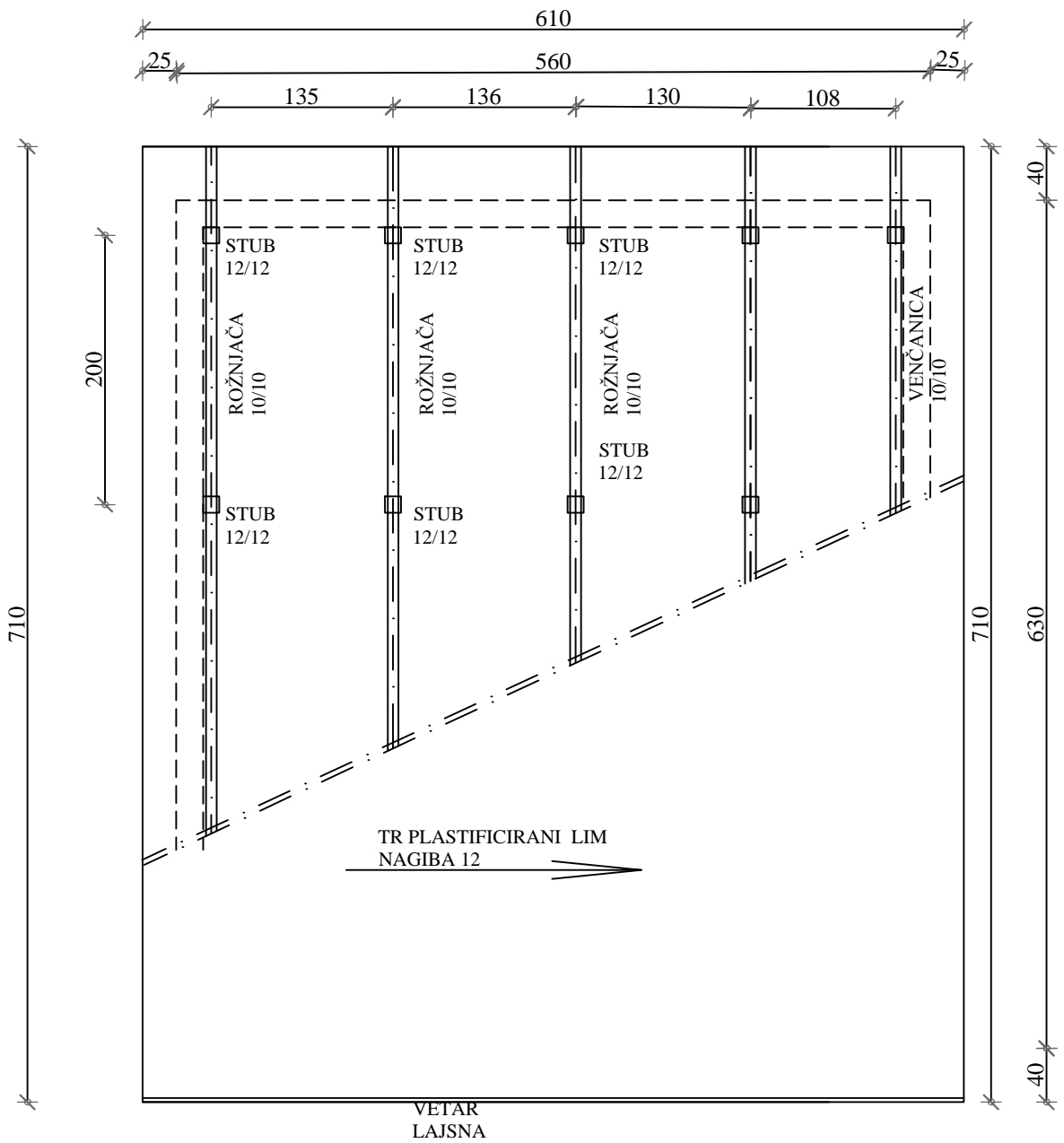
OSNOVA TEMELJNE PLOČE


	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA OSNOVA TEMELJA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: G02-09-01

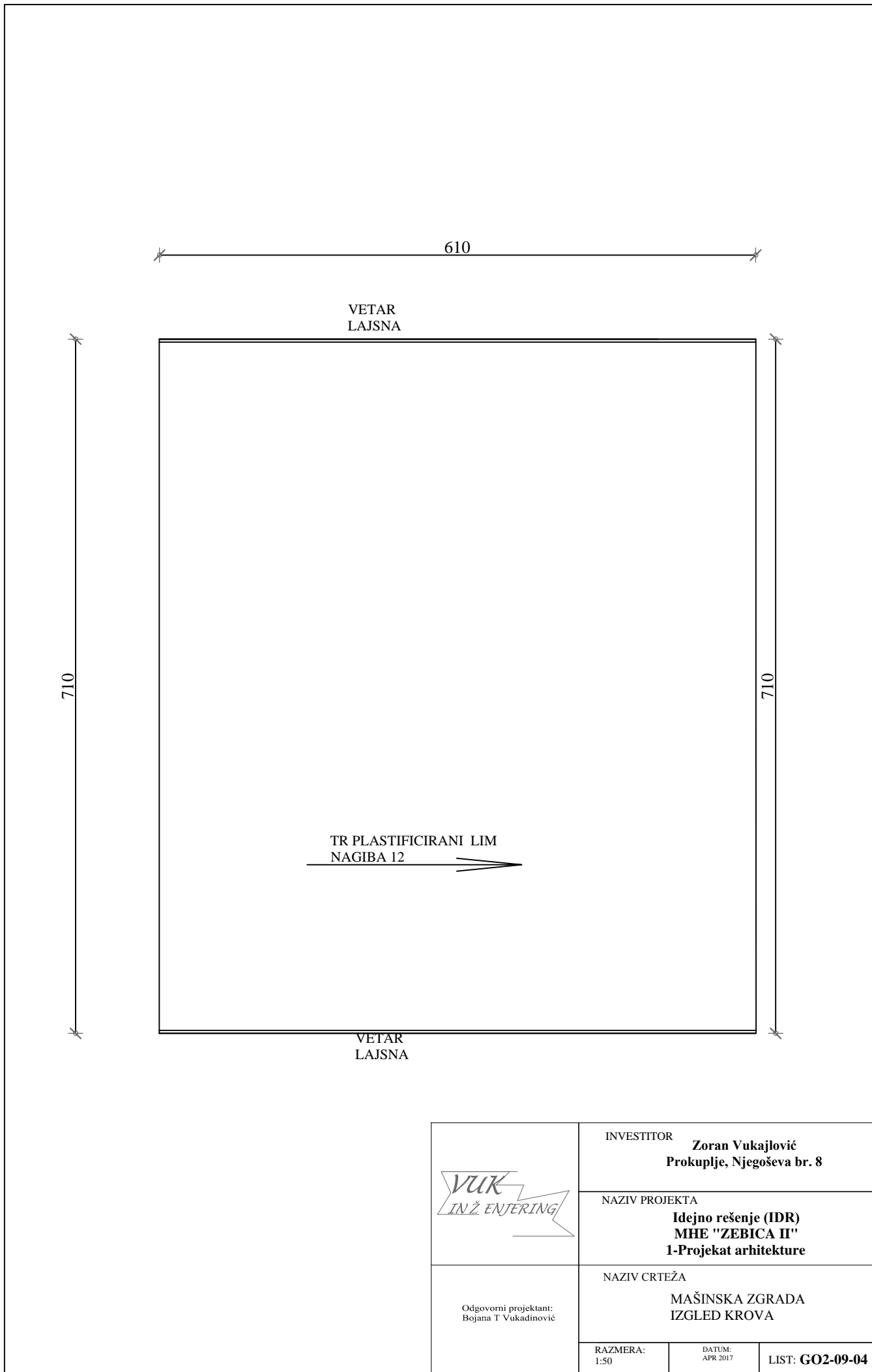



OSNOVA PRIZEMLJA
na koti 0.00

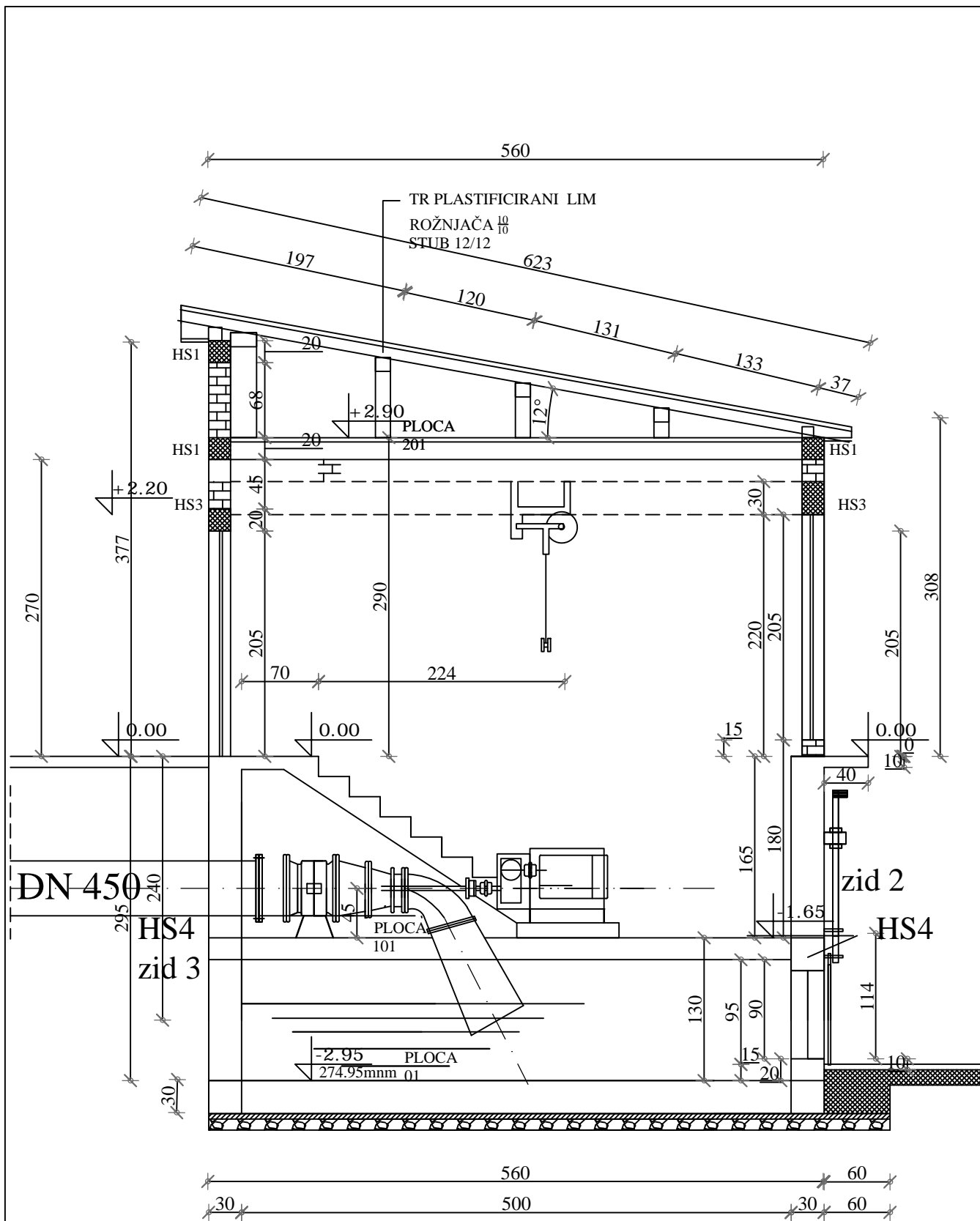
	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8	
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekat arhitekture	
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA OSNOVA PRIZEMLJA	
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017




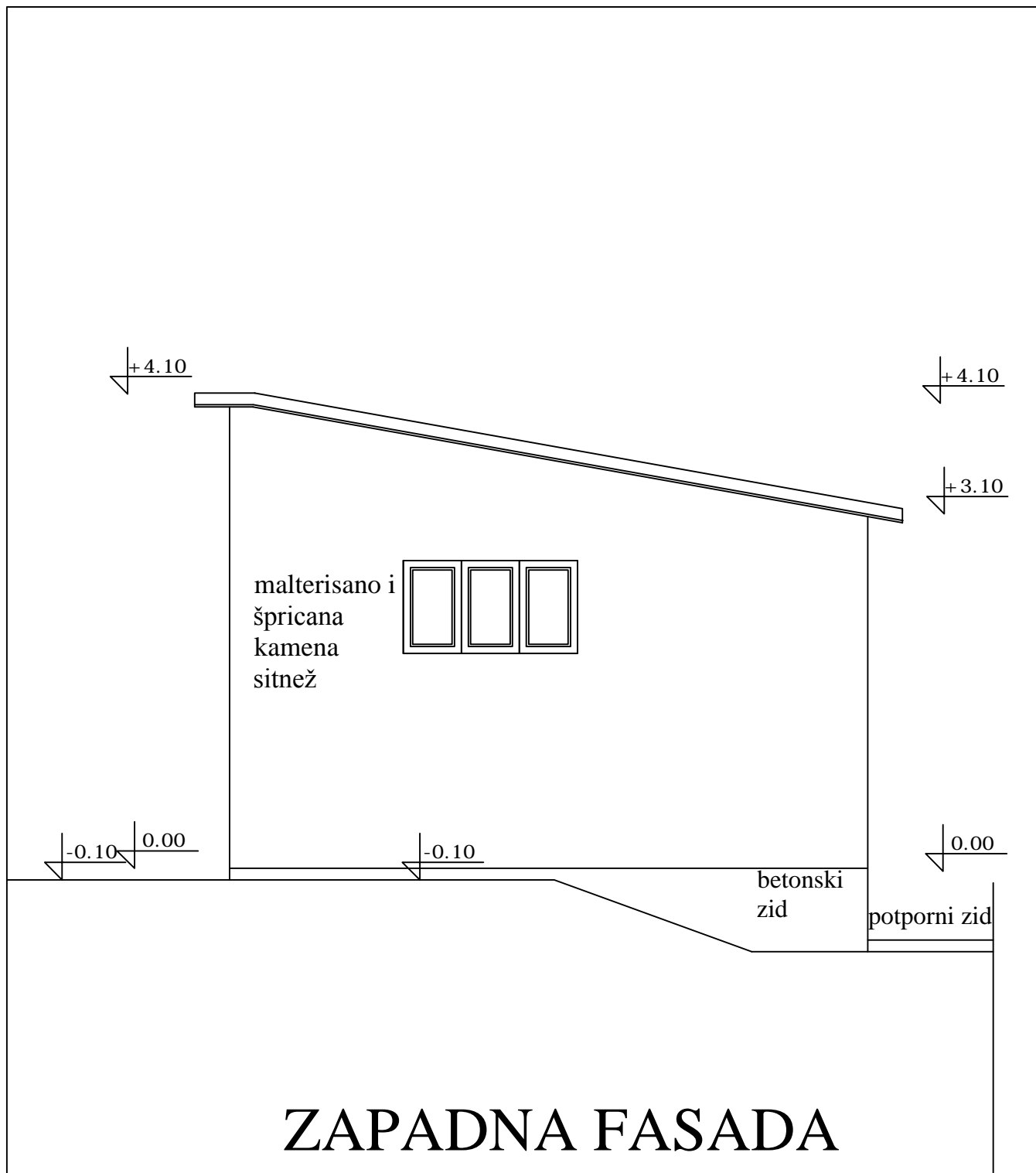
	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekat arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA OSNOVA KROVA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: GO2-09-03




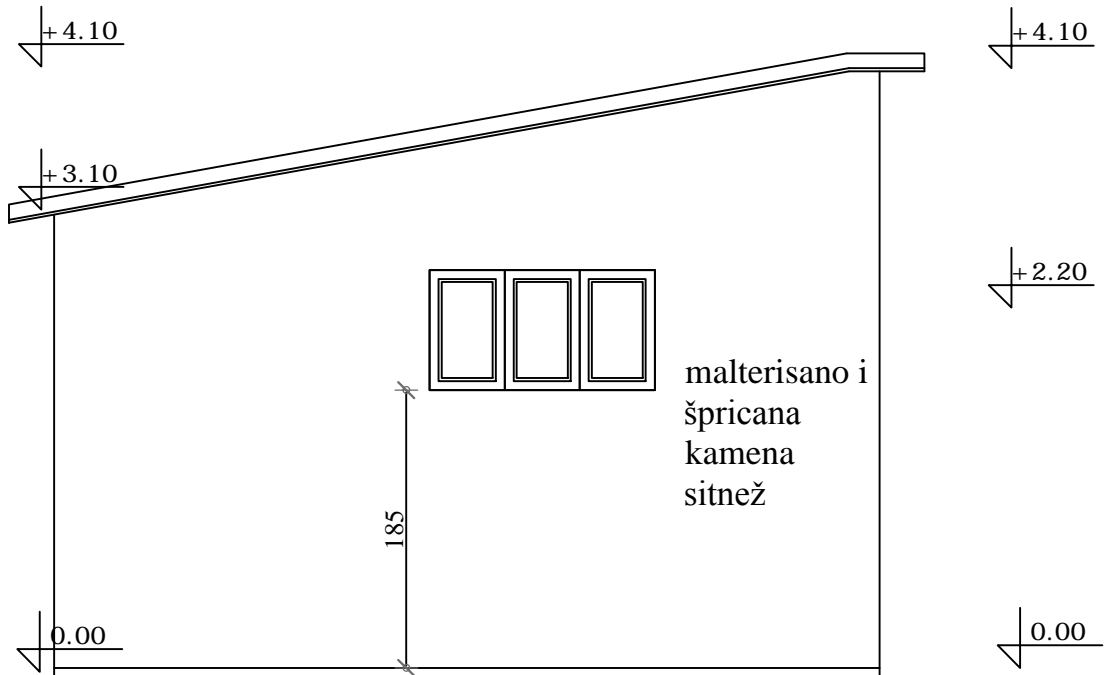
	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA IZGLED KROVA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: GO2-09-04




 Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture
	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA PRESEK A-A
RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017
LIST: GO2-09-05	

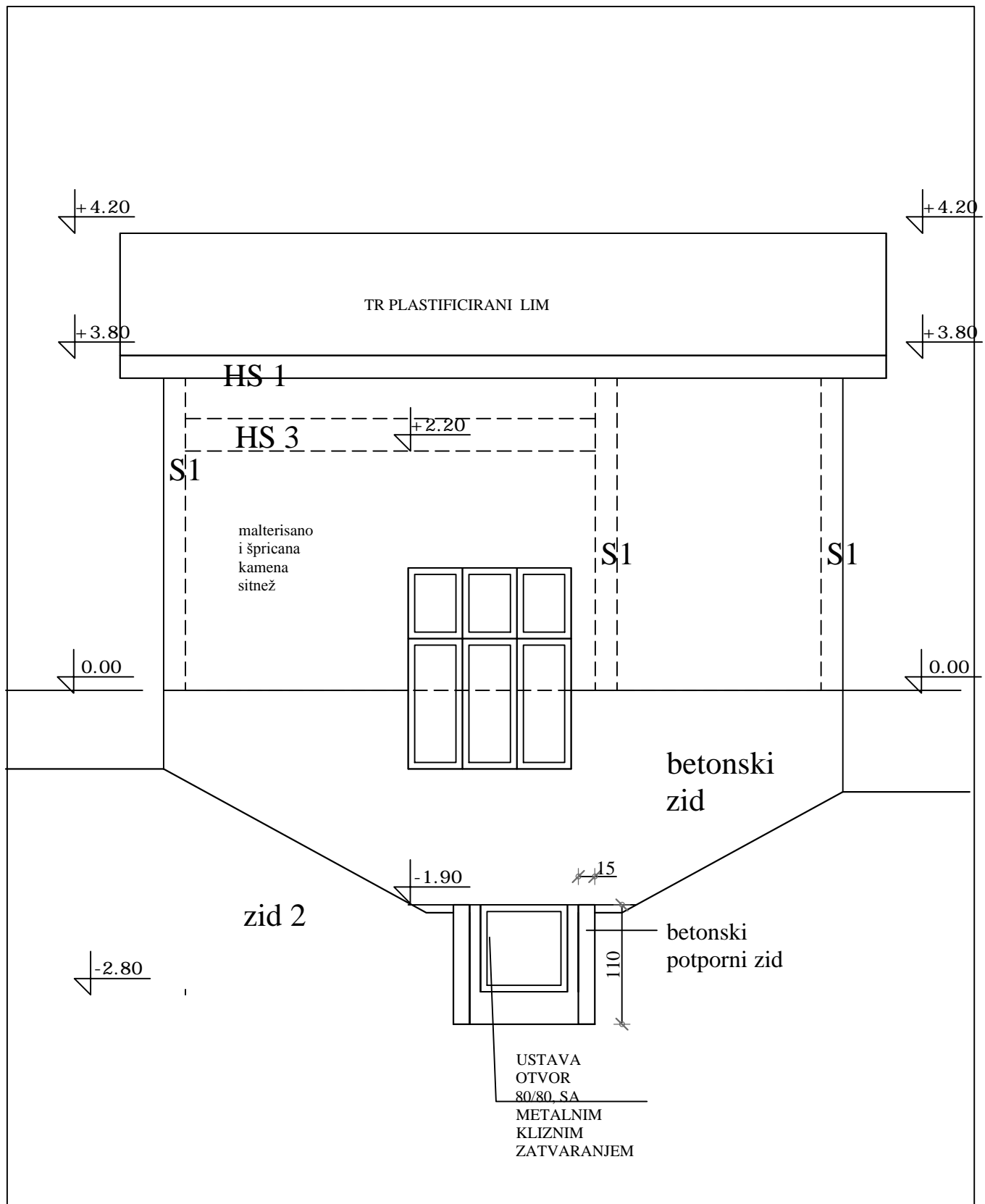



	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA BOČNA FASADA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: G02-09-06

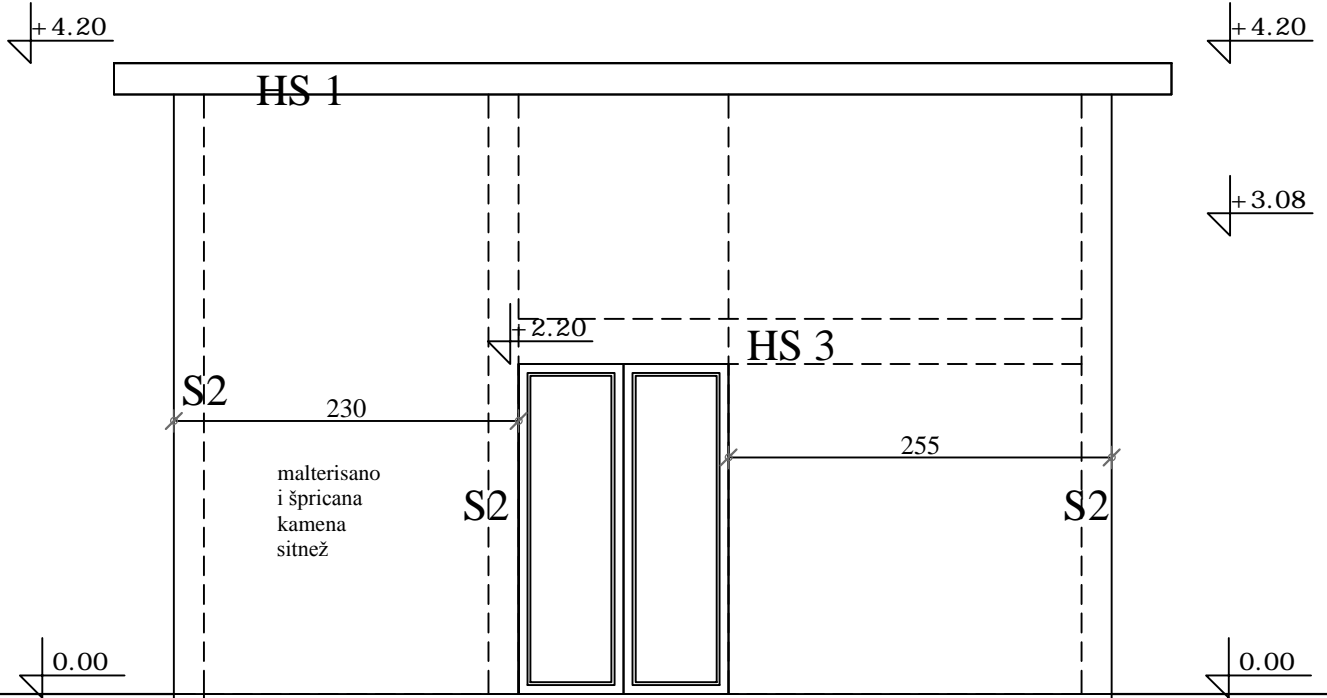



ISTOCNA FASADA

	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA BOČNA FASADA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: GO2-09-07



	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8		
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture		
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA PODUŽNA FASADA		
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017	LIST: GO2-09-08



	INVESTITOR Zoran Vukajlović Prokuplje, Njegoševa br. 8	
	NAZIV PROJEKTA Idejno rešenje (IDR) MHE "ZEBICA II" 1-Projekt arhitekture	
Odgovorni projektant: Bojana T Vukadinović	NAZIV CRTEŽA MAŠINSKA ZGRADA PODUŽNA FASADA	
	RAZMERA: 1:50	DATUM: APR 2017