



CRNA GORA
ZAVOD ZA HIDROMETEOROLOGIJU I SEIZMOLOGIJU



Crna Gora
ZAVOD ZA HIDROMETEOROLOGIJU
I SEIZMOLOGIJU

Broj 01-1896
Podgorica, 09.07. 2015 god.

Gruba, preliminarna analiza hidropotencijala
Bjelojevičke rijeke na sledecim dionicama
1373-1200, 1180-980 i 890-826 mnm

Obradivači:

Mirjana Popović dipl.ing.građ

Nevzeta Alilović dipl.ing. građ

Direktor:

mr Luka Mitrović, dipl.geog



IV Proleterske Brigade 19, 81000 Podgorica

Tel/fax: (+382) 20 655 183/197; Sektor seizmologije-Tel/fax: (+382) 20 648 980/146

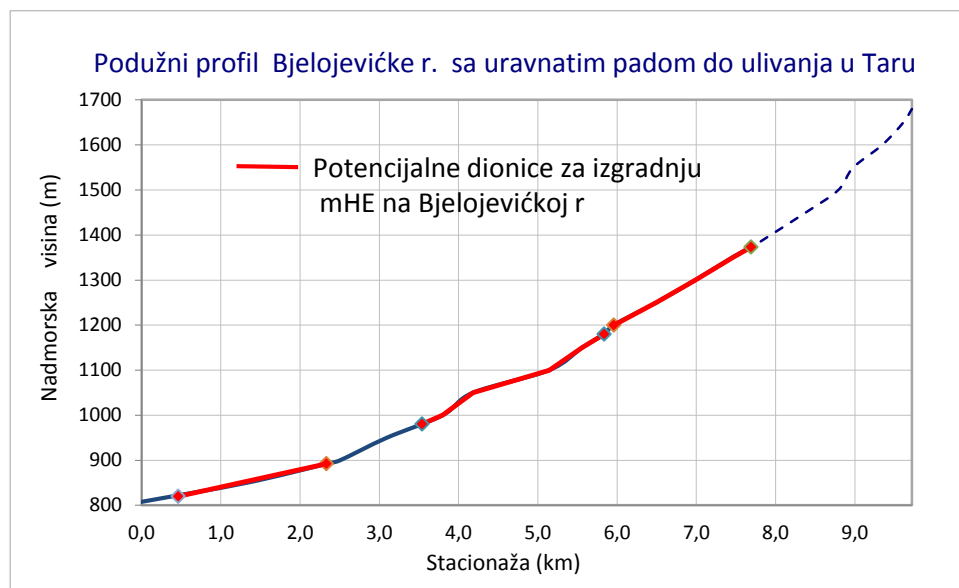
E-mail: office@meteo.co.me, seismocg@t-com.me; Web: www.meteo.co.me, www.seismo.co.me

Uvod

Ova analiza urađena je na zahtjev Ministarstva ekonomije odnosno Direktorata za energetiku. Ovim zahtjevom je traženo od ZHMSCG da na Bjelojevičkoj rijeci odabere energetske profile koji bi mogli biti potencijalni vodozahvati za mHE i odrdi grubu procjenu hidropotencijala tih dionica. Na osnovu urađenog podužnog profila Bjelojevičke rijeke i preliminarnih hidroloških analiza, urađena je gruba, preliminarna procjena hidropotencijala Bjelojevičke rijeke na sledećim dionicama:

- Od kote vodozahvata na 1373 mm do kote mašinske zgrade na koti 1200 mm i
- od kote vodozahvata na 1180 mm do kote mašinske zgrade na koti 980mm
- od kote vodozahvata na 890 mm do kote mašinske zgrade na koti 820 mm

Na podužnom profilu Bjelojevičke rijeke do ulivanja u Taru prikazane su dionice sa mogućim varijantama vodozahvata i mašinskih zgrada.



Podužni profil Bjelojevičke rijeke do ulivanja u Taru

Osnovne teorijske postavke o hidropotencijalu

Medju prvim koracima u analizama elektropotencijala je analiza hidroenergetskog potencijala, kao obnovljivog vida energije, nekog vodotoka koji se može prikazati u sledećim vidovima:

- Kao ukupna sumarna veličina za neki sliv, vodotok ili dio sliva,
- Površinski specifični potencijal prikazan po jedinici površine,
- Specifični linijski potencijal duž razmatranog vodotoka,
- Bruto potencijal pregradnog mjesta, ukoliko se računa sa ukupnim proticajem bez ograničenja po instalisanosti i
- Kao tehnički iskoristiv potencijal pregradnog mjesta, računajući sa ograničenjem po instalisanosti postrojenja.

Tehnički iskoristivi potencijal predstavlja onaj dio hidroenergetskog potencijala za koji je odgovarajućom tehničkom dokumentacijom utvrđeno da se može realizovati. Za određivanje tog potencijala potrebno je da su ispunjeni sledeći uslovi:

- da je stepen istražne i projektne dokumentacije takav da omogućava pouzdano zaključivanje, da su razmatrani objekti hidroelektrana tehnički ostvarljivi i
- da su postrojenja energetski izučena do nivoa kada se može pouzdano odrediti prosječna moguća godišnja proizvodnja.

Dionica rečnog toka na kojoj je protok $Q(m^3/s)$, a denivelacija između ulaznog i izlaznog profila $H(m)$ raspolaže snagom:

$$N = \gamma \times Q \times H \text{ (kW)}$$

γ – zapreminska težina vode 9.81 kN/m^3

Q – prosječni višegodišnji protok (m^3/s)

H – denivelacija između ulaznog i izlaznog profila (m)

Energija razmatrane dionice rečnog toka u nekom intervalu vremena $T(h)$ iznosi:

$$E = N \times T \text{ (kWh)}$$

Gornji izrazi predstavljaju teorijsku snagu i energiju bez gubitaka koji su neizbježni pri transformaciji energije u mehaničku i električnu.

Neto snaga se dobija kada se bruto snaga pomnoži koeficijentom korisnog dejstva (η) i bruto pad zamijeni neto padom, kada se bruto pad umanji za iznos gubitaka na derivaciji:

$$N_{NT} = \eta \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H_{NT},$$

Tehnički iskoristiva energija vodotoka smanjena je zbog trenja u dovodima (cjevovod, tunel, cjevovod pod pritiskom), gubitka protoka što se definiše kroz neto pad H_n (neto pad = bruto pad (prirodni) – gubici). Srednja iskoristiva snaga (neto snaga) koju hidroelektrana daje na priključcima generatora, može se odrediti iz jednačine:

$$N = 9.81 \times \eta_t \times \mu_g \times \eta_{tr} \times Q_i \times H_n \text{ (kW)}$$

gdje je:

η_t - stepen korisnog dejstva turbine,
 η_g – stepen korisnog dejstva generatora,
 η_{tr} – stepen korisnog dejstva transformatora,
 Q_i - instalisani protok,
 H_n – raspoloživi neto pad (m).

Ukupan stepen korisnog dejstva pri optimalnom opterećenju prosječno za veća postrojenja (velike HE) iznosi približno 80%, a za **mala postrojenja (mHE) približno 75%**. Pri tom, kod mHE treba uzeti u obzir i uticaj stalne varijacije protoka, karakteristične za male vodotoke.

Sada se postavlja pitanje odabira neto pada H_{NT} , koji je u direktnoj funkciji izbora tipa HE prema načinu stvaranja pada. Suština korišćenja vodnih snaga je u ostvarivanju koncentracije pada na jednom kratkom potezu vodotoka.

Za stvaranje i koncentraciju pada HE postoje četiri osnovna načina i ona su:

1. pribranska shema, kada se potreban pad realizuje isključivo branom, kada je protok (Q) nešto veći, a pad (H) manji,
2. derivacionom shemom, kada se potreban pad stvara derivacijom toka, kanalima, tunelima i cjevovodima, kada je Q manje a H veće,
3. kombinovana shema, kada se pad H stvara podizanjem brana uz odgovarajuće derivacije,
4. shema sa spuštanjem donje vode u zoni hidroelektrane., što se u ovom času, na crnogorske uslove smatra manje aktuelnim, zbog konfigurativnog sklopa.

Sledeći izuzetno važan korak je odabir instalisanog protoka a sa njim i instalisane snage. Iz kombinacije se, naravno, isključuje minimalni srednje dnevni protok (iako on najduže traje) jer bi se:

- dobila mala instalisana snaga i mala godišnja proizvodnja električne energije, praktično, jedna varijanta koja se ne analizira,
- praktično bi se raubovali vodni resursi, jer bi se godišnje koristila mala količina vode, bili bi prelive ogromni a sa njima i veliki gubitak energije.

Kako je pretpostavljeno, da se radi o mHE derivacionog tipa, instalisani protok će se birati u granicama $Q_{sr} < Q_{ins} < 1.5 \times Q_{sr}$.

Sledeća odluka se odnosila na izbor pada koji ćemo uzeti za analizu. Za ovaj nivo obrade koji je, ponovićemo, aproksimativan i preliminaran, jedna od varijanti koja bi se mogla uzeti u obzir je i proračun sa bruto padom. Ipak, odlučili smo se da u analizu udjemo sa, pretpostavljenim gubicima, tj. neto padovima, kako bi smo bili bliži nekom, u eksploataciji, objektivnijem stanju. Procenat gubitaka na cjevovodu je određen orijentaciono u zavisnosti od dužine derivacije.

Izraz za proračun snage, koji smo koristili u ovom radu je $N = 8 \cdot Q \cdot H$ (MW).

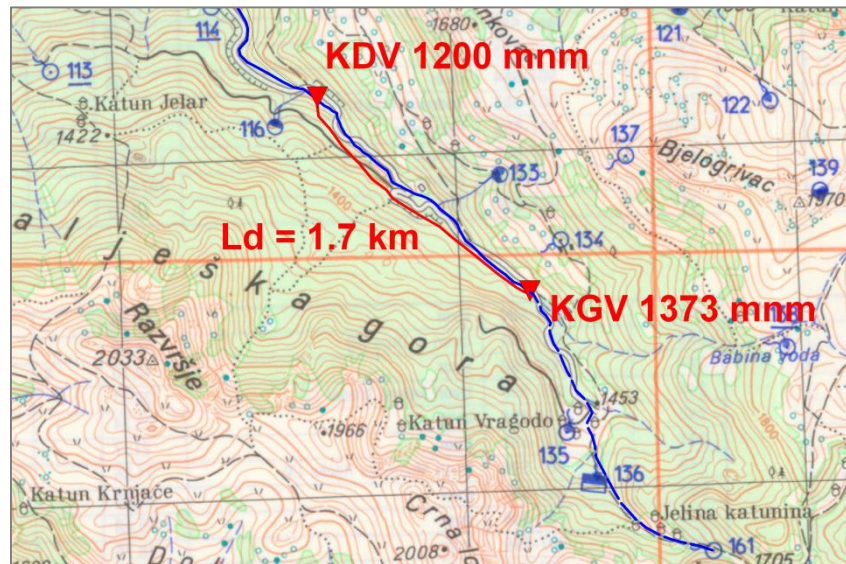
Ovakav pristup proračunu je bio nametnut jer, na raspolaganju nismo imali nikakav koncept energetske iskorišćenja.

U nastavku ovog rada prikazaćemo okvirno proračun snage i energije za analizirane profile na Bjelojevičkoj rijeci. Kao prilozi date su krive trajanja na kojima je nanešen srednji i instalisani protok.

Data je i karta vodotoka sa naznačenim vodozahvatom, položajem mašinske zgrade i derivacijom.

Bjelojevička rijeka - I varijanta

KGV 1373 mnm - KDV 1200 mnm

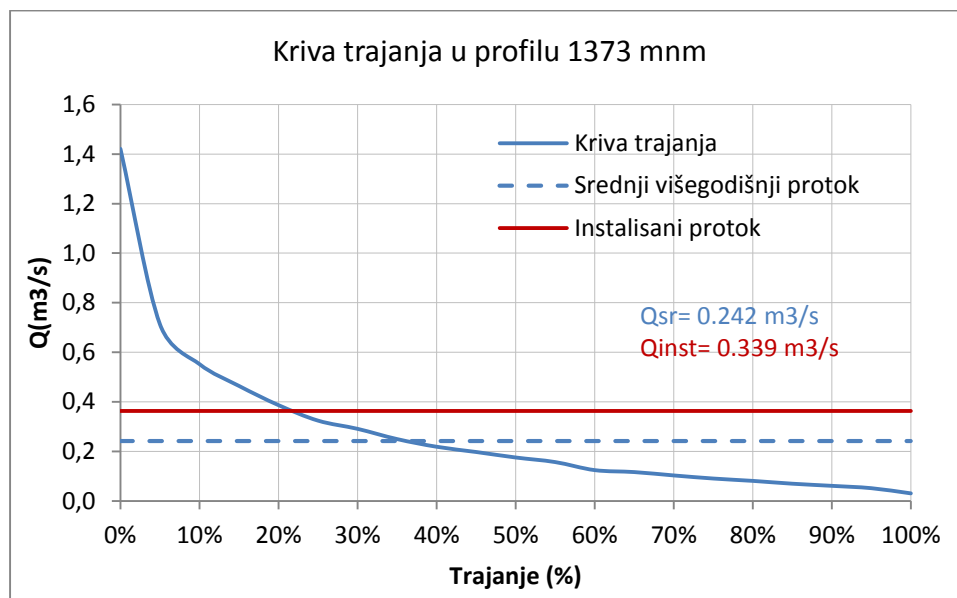


Pregledna karta sa kotama gornje i donje vode i dužinom derivacije
R 1:50 000

Parametri potrebni za proračun su:

- KGV: 1373mnm
- KDV: 1200 mnm
- Bruto pad: $H_{br} = 1373 - 1200 = 173 \text{ m}$
- Dužina derivacije $L = 1.70 \text{ km}$
- Pretpostavljeni gubici 15%
- Neto pad $H_{nt} = H_{br} - 0.15 \times H_{br} = 147 \text{ m}$
- $Q_{sr} = 0.242 \text{ m}^3/\text{s}$
- Koeficijent instalisanosti $k=1.4$
- $Q_{inst} = 1.4 \times Q_{sr} = 0.339 \text{ m}^3/\text{s}$

Kriva trajanja Bjelojevičke rijeke u profilu prvog vodozahvata na koti 1373 mnm.



Neiskorišćene vode traju oko 24%, ili prosječno 88 dana godišnje.

Sa raspoloživom krivom godišnjeg trajanja protoka i ostalim ulaznim parametrima proračun je prikazan u sledećoj tabeli.

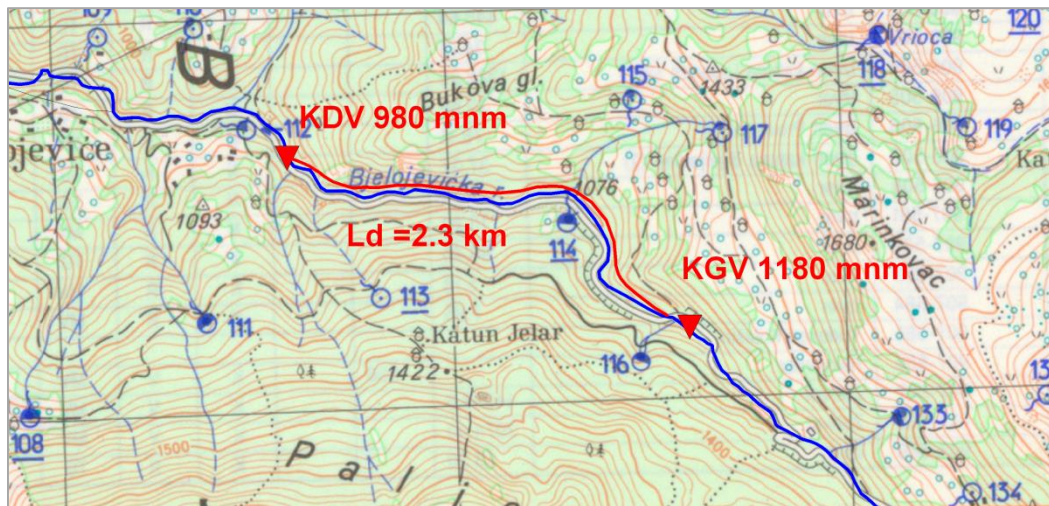
Gruba, preliminarana analiza hidropotencijala Bjelojevičke rijeke

Trajanje	(%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	24	0
	(dani)	365	347	329	310	292	274	256	237	219	201	183	164	146	128	110	88	0
Neto pad H_{nt}	(m)	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
Protok Q_s	(m ³ /sec)	0.030	0.051	0.061	0.069	0.081	0.090	0.103	0.116	0.124	0.157	0.175	0.197	0.219	0.249	0.291	0.339	0.339
Srednji protok Q_{sr}	(m ³ /sec)	0.041	0.056	0.065	0.075	0.085	0.097	0.110	0.120	0.140	0.166	0.186	0.208	0.234	0.270	0.315	0.339	
Snaga N	(kW)	48	65.88	76.5	88.25	100.5	113.5	128.8	141.4	165.1	195.2	219.1	244.6	275.2	317.7	370.3	398.7	
Snaga N	(MW)	0.048	0.066	0.077	0.088	0.101	0.113	0.129	0.141	0.165	0.195	0.219	0.245	0.275	0.318	0.370	0.399	
Priraštaj Vremena Δt	(dana)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	22	88	
Priraštaj Vremena Δt	(časova)	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	360	2112	
Parcijalna energija E_p	(MWh)	20.74	28.46	33.05	38.12	43.43	49.03	55.66	61.1	71.34	84.31	94.65	105.6	118.9	137.2	133.3	842	
Sumarna energija E	(GWh)	0.021	0.049	0.082	0.120	0.164	0.213	0.268	0.330	0.401	0.485	0.580	0.686	0.804	0.942	1.075	1.917	

Snaga 0.339 MW Sumarna energija 1.917 GWh

Bjelojevička rijeka - II varijanta

KGV 1180 mm - KDV 980 mm

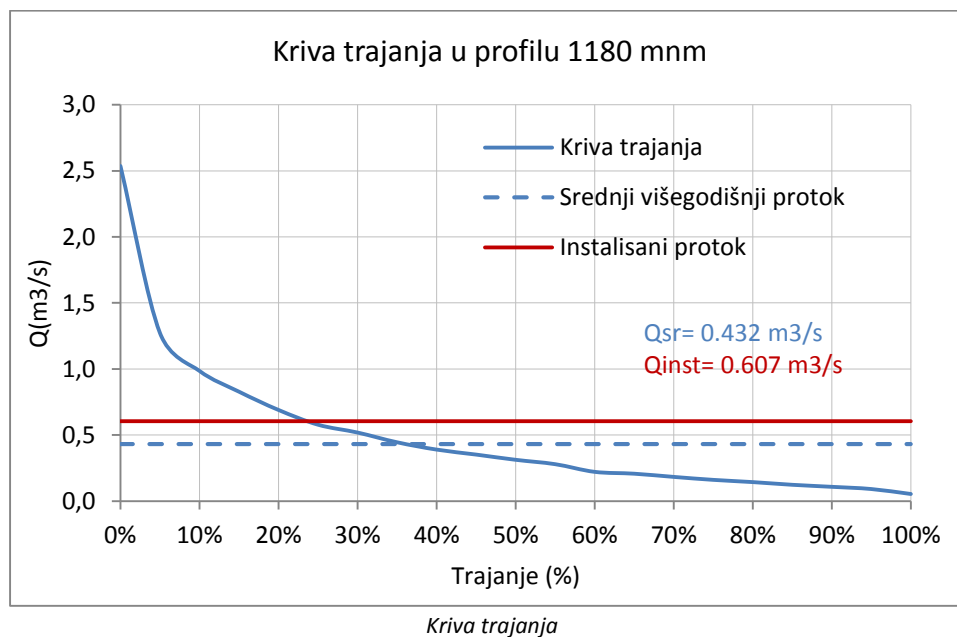


Pregledna karta sa kotama gornje i donje vode i dužinom derivacije
R 1:50 000

Parametri potrebni za proračun:

- KGV: 1180 mm
- KDV: 980 mm
- Bruto pad: $H_{br} = 1180 - 980 = 200 \text{ m}$
- Dužina derivacije $L = 2.3 \text{ km}$
- Pretpostavljeni gubici 20%
- Neto pad $H_{nt} = H_{br} - 0.2 \times H_{br} = 160 \text{ m}$
- $Q_{sr} = 0.432 \text{ m}^3/\text{s}$
- Koeficijent instalisanosti $k=1.4$
- $Q_{inst} = 1.4 \times Q_{sr} = 0.605 \text{ m}^3/\text{s}$

Kriva trajanja u profilu vodozahvata broj dva na koti 1180 mm, prikazana je na grafiku koji slijedi



Neiskorišćene vode traju oko 24%, ili prosječno 88 dana godišnje.

Sa raspoloživom krivom godišnjeg trajanja protoka i ostalim ulaznim parametrima proračun je prikazan u sledećoj tabeli.

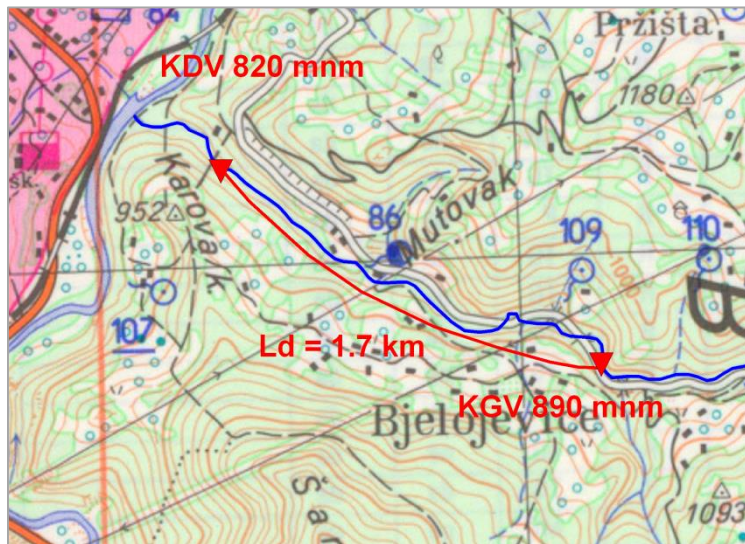
Gruba, preliminarana analiza hidropotencijala Bjelojevičke rijeke

Trajanje	(%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	24	0
	(dani)	365	347	329	310	292	274	256	237	219	201	183	164	146	128	110	88	0
Neto pad H_{nt}	(m)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Protok Q_s	(m ³ /sec)	0.054	0.092	0.108	0.124	0.144	0.161	0.184	0.208	0.222	0.280	0.313	0.352	0.390	0.445	0.519	0.605	0.605
Srednji protok Q_{sr}	(m ³ /sec)	0.073	0.100	0.116	0.134	0.153	0.172	0.196	0.215	0.251	0.296	0.333	0.371	0.418	0.482	0.562	0.605	
Snaga N	(KW)	93.3	128.0	148.6	171.5	195.3	220.5	250.4	274.8	320.9	379.2	425.7	475.2	534.7	617.2	719.4	774.4	
Snaga N	(MW)	0.093	0.128	0.149	0.171	0.195	0.221	0.250	0.275	0.321	0.379	0.426	0.475	0.535	0.617	0.719	0.774	
Priraštaj Vremena Δt	(dana)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	22	88	
Priraštaj Vremena Δt	(časova)	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	360	2112	
Parcijalna energija E_p	(MWh)	40.3	55.3	64.2	74.1	84.4	95.3	108.2	118.7	138.6	163.8	183.9	205.3	231.0	266.6	259.0	1635.5	
Sumarna energija E	(GWh)	0.040	0.096	0.160	0.234	0.318	0.414	0.522	0.640	0.779	0.943	1.127	1.332	1.563	1.830	2.09	3.72	

Snaga 0.774 MW Sumarna energija 3.72 GWh

Bjelojevička rijeka - III varijanta

KGV 890 mm - KDV 820 mm

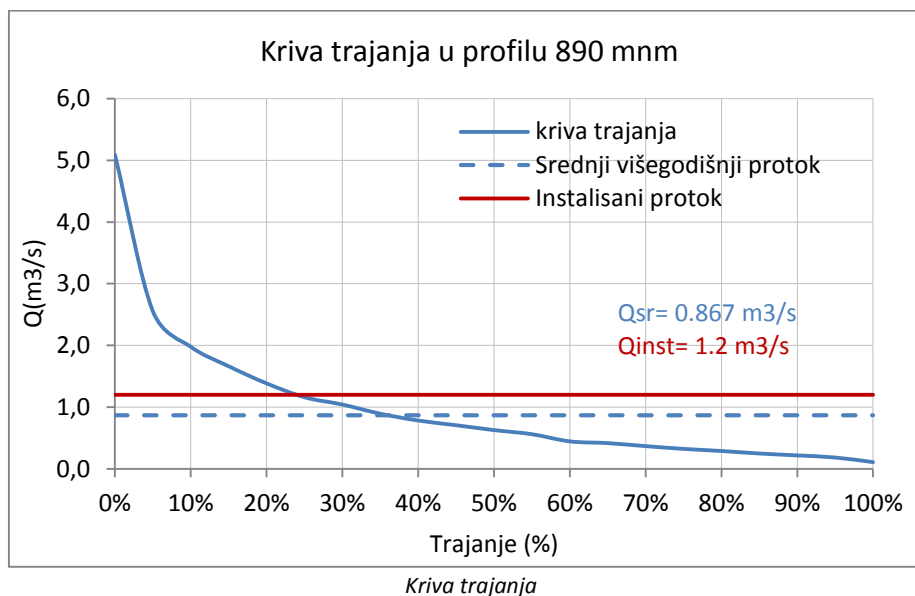


Pregledna karta sa kotama gornje i donje vode i dužinom derivacije
R 1:50 000

Parametri potrebni za proračun:

- KGV: 890 mm
- KDV: 820 mm
- Bruto pad: $H_{br} = 890 - 820 = 70 \text{ m}$
- Dužina derivacije $L = 1.7 \text{ km}$
- Pretpostavljeni gubici 15%
- Neto pad $H_{nt} = H_{br} - 0.15 \times H_{br} = 59.5 \text{ m}$
- $Q_{sr} = 0.867 \text{ m}^3/\text{s}$
- Koeficijent instalisanosti $k=1.4$
- $Q_{inst} = 1.4 \times Q_{sr} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$

Kriva trajanja u profilu vodozahvata broj dva na koti 1180 mm, prikazana je na grafiku koji slijedi



Neiskorišćene vode traju oko 24%, ili prosječno 88 dana godišnje.

Sa raspoloživom krivom godišnjeg trajanja protoka i ostalim ulaznim parametrima proračun je prikazan u sledećoj tabeli.

Gruba, preliminarana analiza hidropotencijala Bjelojevičke rijeke

Trajanje	(%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	24	0
	(dani)	365	347	329	310	292	274	256	237	219	201	183	164	146	128	110	88	0
Neto pad H_{nt}	(m)	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5
Protok Q_s	(m ³ /s)	0.109	0.184	0.218	0.248	0.289	0.323	0.368	0.417	0.445	0.561	0.628	0.707	0.783	0.894	1.042	1.200	1.200
Srednji protok Q_{sr}	(m ³ /s)	0.146	0.201	0.233	0.269	0.306	0.346	0.393	0.431	0.503	0.595	0.667	0.745	0.838	0.968	1.121	1.2	
Snaga N	(KW)	69.6	95.5	110.9	128.0	145.8	164.6	186.8	205.1	239.5	283.0	317.7	354.6	399.1	460.7	533.5	571.2	
Snaga N	(MW)	0.070	0.096	0.111	0.128	0.146	0.165	0.187	0.205	0.239	0.283	0.318	0.355	0.399	0.461	0.534	0.571	
Priraštaj Vremena Δt	(dana)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	22	88	
Priraštaj Vremena Δt	(časova)	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	360	2112	
Parcijalna energija E_p	(MWh)	30.1	41.3	47.9	55.3	63.0	71.1	80.7	88.6	103.5	122.3	137.3	153.2	172.4	199.0	192.1	1206.4	
Sumarna energija E	(GWh)	0.030	0.071	0.119	0.175	0.238	0.309	0.389	0.478	0.581	0.704	0.841	0.994	1.166	1.366	1.56	2.76	

Snaga 0.571 MW Sumarna energija 2.76 GWh

