



Crna Gora  
ZAVOD ZA HIDROMETEOROLOGIJU  
I SEIZMOLOGIJU

Broj 01-1653

Podgorica, 10.06.2015 god.

## Gruba, preliminarna analiza hidropotencijala Štitarice za definisane dionice

### Obrađivači:

Mirjana Popović dipl.ing.građ

*M. Popović*  
Nevzeta Ahlović dipl.ing. građ

*NA*

→ Direktor:



mr Luka Mitrović, dipl. geog.

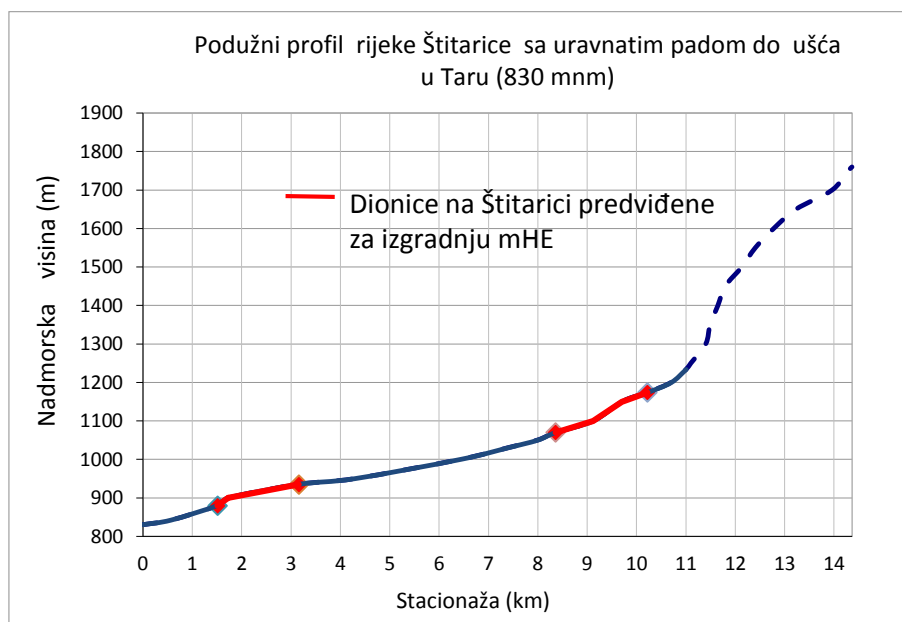
*L. Mitrović*

## Uvod

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

- Od kote vodozahvata na 1174 mnm do kote mašinske zgrade na koti 1030 mnm i
- od kote vodozahvata na 935 mnm do kote mašinske zgrade na koti 880mnm

Na podužnom profilu Štitarice do ulivanja u Taru prikazane su dionice na kojima su predviđeni vodozahvati i mašinske zgrade.



Podužni profil Štitarice 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 energetske 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:

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

$\gamma$  – zapreminska težina vode  $9.81 \text{ kN/m}^3$

$Q$  – 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 ( $\eta$ ) 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:

- $\eta_t$  - stepen korisnog dejstva turbine,
- $\eta_g$  – stepen korisnog dejstva generatora,
- $\eta_{tr}$  – 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 energetskog iskorišćenja.**

U nastavku ovog rada prikazaćemo okvirno proračun snage i energije za analizirane profile na Štitarici. 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.

## Štitarica

KGV 1174 mnm - KDV 1030 mnm

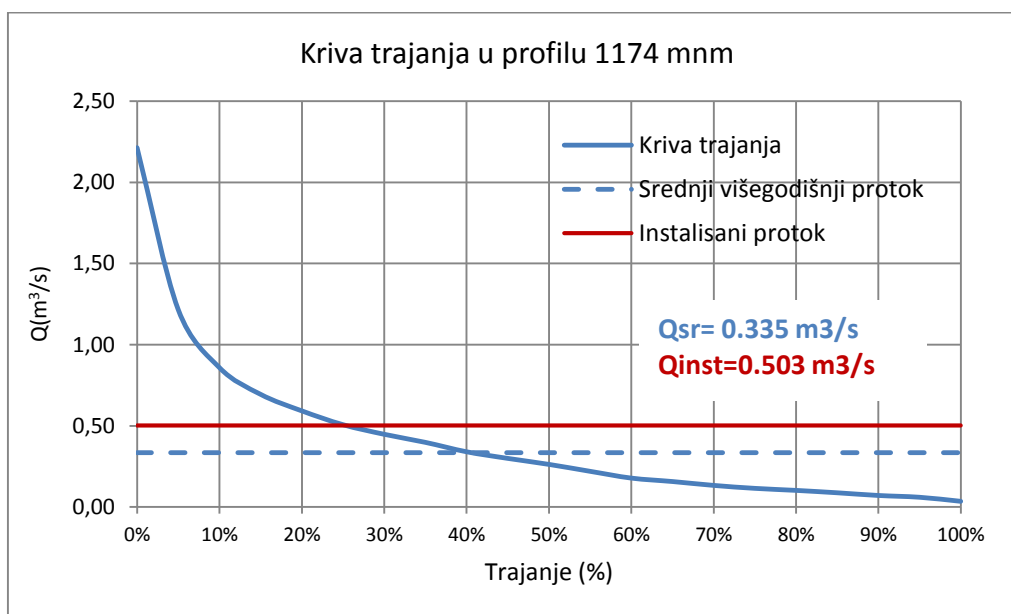


Pregledna karta sa kotama gornje i donje vode i dužinom derivacije  
R 1:50 000

Parametri potrebni za proračun su:

- KGV: 1174 mnm
- KDV: 1030 mnm
- Bruto pad:  $H_{br} = 1174 - 1030 = 144$  m
- Dužina derivacije  $L = 2.70$  km
- Pretpostavljeni gubici 25%
- Neto pad  $H_{nt} = H_{br} - 0.25 \times H_{br} = 108$  m
- $Q_{sr} = 0.335$  m<sup>3</sup>/s
- Koeficijent instalisanosti  $k=1.5$
- $Q_{inst} = 1.5 \times Q_{sr} = 0.503$  m<sup>3</sup>/s

Kriva trajanja Štitarice u profilu prvog vodozahvata na koti 1174 mnm.



Neiskorišćene vode traju oko 26%, ili prosječno 95 dana godišnje.

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

Gruba, preliminarna analiza hidropotencijala Štitarice

Trajanje	(%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	26	0
	(dani)	365	347	329	310	292	274	256	237	219	201	183	164	146	128	110	95	0
Neto pad $H_{nt}$	(m)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
Protok $Q_s$	(m <sup>3</sup> /sec)	0.035	0.060	0.071	0.088	0.103	0.115	0.133	0.157	0.178	0.220	0.263	0.300	0.340	0.398	0.448	0.503	0.503
Srednji protok $Q_{sr}$	(m <sup>3</sup> /sec)	0.048	0.066	0.080	0.095	0.109	0.124	0.145	0.168	0.199	0.241	0.281	0.320	0.369	0.423	0.476	0.503	
Snaga N	(KW)	41.23	56.76	68.69	82.23	94.01	107.3	125.4	144.9	172.1	208.6	243	276.6	319.2	365.7	410.9	434.6	
Snaga N	(MW)	0.041	0.057	0.069	0.082	0.094	0.107	0.125	0.145	0.172	0.209	0.243	0.277	0.319	0.366	0.411	<b>0.435</b>	
Priraštaj Vremena $\Delta t$	(dana)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	95	
Priraštaj Vremena $\Delta t$	(časova)	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	360	2280	
Parcijalna energija $E_p$	(MWh)	17.81	24.52	29.67	35.52	40.61	46.36	54.19	62.59	74.35	90.11	105	119.5	137.9	158	147.9	990.9	
Sumarna energija E	(GWh)	0.018	0.042	0.072	0.108	0.148	0.194	0.249	0.311	0.386	0.476	0.581	0.700	0.838	0.996	1.144	<b>2.135</b>	

**Snaga 0.435 MW      Sumarna energija 2.135 GWh**



## Štitarica

KGV 935 mnm - KDV 880 mnm

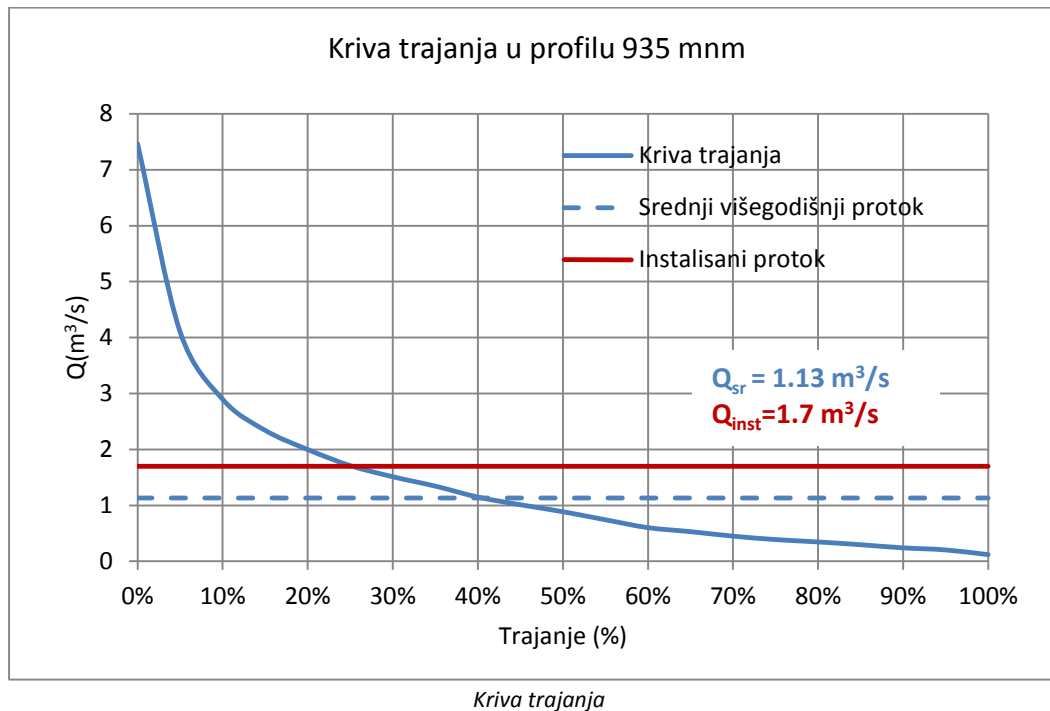


Pregledna karta sa kotama gornje i donje vode i dužinom derivacije  
R 1:50 000

Parametri potrebni za proračun:

- KGV: 935 mnm
- KDV: 880 mnm
- Bruto pad:  $H_{br} = 935 - 880 = 55$  m
- Dužina derivacije  $L = 1.5$  km
- Pretpostavljeni gubici 15%
- Neto pad  $H_{nt} = H_{br} - 0.15 \times H_{br} = 46.8$  m
- $Q_{sr} = 1.13$  m<sup>3</sup>/s
- Koeficijent instalisanosti  $k=1.5$
- $Q_{inst} = 1.5 \times Q_{sr} = 1.7$  m<sup>3</sup>/s

Kriva trajanja u profilu vodozahvata broj dva na koti 935 mnm, prikazana je na grafiku koji slijedi



Neiskorišćene vode traju oko 26%, ili prosječno 95 dana godišnje.

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

*Gruba, preliminarna analiza hidropotencijala Štitarice*

Trajanje	(%)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	26	0
	(dani)	365	347	329	310	292	274	256	237	219	201	183	164	146	128	110	95	0
Neto pad $H_{nt}$	(m)	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8
Protok $Q_s$	(m <sup>3</sup> /sec)	0.119	0.203	0.240	0.296	0.346	0.388	0.450	0.530	0.601	0.742	0.886	1.011	1.149	1.344	1.512	1.7	1.7
Srednji protok $Q_{sr}$	(m <sup>3</sup> /sec)	0.161	0.222	0.268	0.321	0.367	0.419	0.49	0.566	0.672	0.814	0.949	1.08	1.246	1.428	1.611	1.706	
Snaga N	(KW)	60.3	83.0	100.4	120.2	137.4	156.9	183.4	211.8	251.6	304.9	355.2	404.3	466.6	534.5	603.3	638.6	
Snaga N	(MW)	0.060	0.083	0.100	0.120	0.137	0.157	0.183	0.212	0.252	0.305	0.355	0.404	0.467	0.535	0.603	0.639	
Priraštaj Vremena $\Delta t$	(dana)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	95	
Priraštaj Vremena $\Delta t$	(časova)	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	360	2280	
Parcijalna energija $E_p$	(MWh)	26.0	35.8	43.4	51.9	59.4	67.8	79.2	91.5	108.7	131.7	153.4	174.7	201.6	230.9	217.2	1455.9	
Sumarna energija E	(GWh)	0.026	0.062	0.105	0.157	0.217	0.284	0.364	0.455	0.564	0.695	0.849	1.023	1.225	1.456	1.673	3.129	

**Snaga 0.639 MW    Sumarna energija 3.129 GWh**

