

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ  
Akademik Milinko ŠARANOVIĆ

## HIDROENERGETSKI POTENCIJALI CRNE GORE I NUŽNOST NJIHOVOG ŠTO BRŽEG ISKORIŠĆENJA

*Prioritetan zadatak je ubrzanije iskorišćenje raspoloživih hidroenergetskih potencijala.*

*(Zaključak 11. Svjetske konferencije o energiji)*

*Najteže se uočavaju strateške zablude!*

*(Mayneov zakon, Marphyjevi zakoni, III)*

### 1. PROLOG

Uradite li iole podrobniju analizu razmišljanja građana o energetskim problemima naše zemlje, ali i čovječanstva, nedvojbeno ćete doći do zaključka da svi imaju – optimističku viziju energetske budućnosti. Ljudi smatraju da svijet ne može izaći iz dosadašnje razumne kolotečine, i da će on, građanin, imati dovoljno vode i energije, bez obzira koliko velika ograničenja i zabrane upravo on lično – svojim nastupima ili svojom pasivnošću – postavlja onima koji treba da mu te životno važne resurse obezbijede. A ta ograničenja su postala veoma imperativna, isključiva. Sada je nastupilo vrijeme kada je veoma „šik” biti protiv bilo kog vida gradnje na vodama. Nastupila je takva društvena i medijska klima da je suprotstavljanje hidroelektranama dokaz da pripadate elitiističkom intelektualnom krugu. I za divno čudo, upravo ekstremistički stavovi, oni koji se svode na anatemisanje bilo kakve gradnje na vodama, dobijaju najveći publicitet u medijima, koji ne pokušavaju da postavljaju jedno osnovno pitanje: kakva će naša biti energetska i vodoprivredna budućnost, kakva će biti opskrbljenost vodom ljudi i privrede – ukoliko se ne dozvoljava građenje brana i akumulacija, koje su se gradile i prije tri, četiri milenijuma.

Zabrinuti zbog zastoja u izgradnji hidroenergetskih objekata, autori u ovom radu iznose argumentaciju:

- da je nastupilo pravo, povoljno vrijeme za izgradnju hidroelektrana, kao najdohodovnijih objekata za proizvodnju obnovljive energije;
- da Crna Gora ima veoma dobre hidroenergetske potencijale, čije je što brže aktiviranje njena najveća razvojna šansa;
- da se prostori za izgradnju hidroelektrana normativnim i planskim mjerama moraju zaštititi od obezvrijeđivanja.

Za izgradnju sistema na svim rijekama Crne Gore postoje varijantna rješenja, koja treba brižljivo uporediti višekriterijumskom analizom, radi njihovog što racionalnijeg korišćenja i što boljeg uklapanja u okruženje. Za konkretne objekte postoje alternative, jedino nema alternative nacionalnoj strategiji koja upućuje na što brže i što potpunije iskorišćenje hidropotencijala Crne Gore.

## 2. U SVIJETU NASTUPA PRAVO VRIJEME ZA HIDROELEKTRANE

Sve ubrzanije iscrpljivanje neobnovljivih energetske resursa i zaoštavanje energetske problema u svijetu, ali i sve ozbiljniji problemi planete na globalnom ekološkom planu, doveli su do toga da se sve veća pažnja usmjerava prema obnovljivim izvorima energije. Među obnovljivim energetske resursima posebno mjesto zauzima hidroenergija, koja zahvaljujući mogućnostima velike koncentracije na mjestu korišćenja, predstavlja izvor sa visokom ukupnom energetske dohodovnošću. Zbog toga u svijetu postoji tendencija da sve veći deo tehnički iskoristivog hidropotencijala prelazi u kategoriju ekonomski iskoristivog potencijala. Generalno se može smatrati da će se u doglednoj budućnosti ukupan tehnički iskoristiv hidropotencijal, onaj koji je stavljen pod posebnu društvenu zaštitu (nacionalnim prostornim planovima, prostornim planovima posebnih namjena, kao i drugim mjerama zaštite namjene prostora) – naći u kategoriji ekonomski iskoristivog potencijala i da će se pristupiti njegovom korišćenju. Znači, može se sa sigurnošću ekstrapolovati tendencija:

Tehnički iskoristiv potencijal (stavljen pod plansku zaštitu)



Ekonomski iskoristiv potencijal

Razloga za tu tendenciju ima više, pri čemu su posebno relevantni sljedeći:

(1) Sa razvojem elektroenergetskog sistema (ubuduće – EES) i promjenama nivoa konzuma i strukture proizvodnje, mijenja se uloga hidroelektrana (ubuduće – HE) u EES: hidroelektrane preuzimaju sve važniju i delikatniju ulogu u obezbjeđivanju vršne snage i energije i ostvarivanju zahtijevane rotirajuće i operativne rezerve i pouzdanosti sistema.

(2) Tendencije poskupljenja fosilnih goriva mijenjaju uslove vrednovanja HE: ekonomične postaju sve HE čija je cijena energije manja od cijene energije najskupljih termoelektrana (ubuduće – TE) koje svojim ulaskom u pogon istiskuju iz EES.

(3) Kompleksno korišćenje voda, u okviru integralnih energetske i vodoprivrednih sistema, učinilo je ekonomičnim mnoge energetske objekte koji nisu bili ekonomični kada su razmatrani samo kao energetska postrojenja.

(4) Uvođenje novih HE u EES povećava ekonomsku stabilnost EES.

(5) Brzi razvoj tehnologije opreme za HE (posebno za objekte na malim padovima) proširuje opseg ekonomične eksploatacija mnogih ranije neekonomičnih hidro potencijala, tako da se sada mogu ekonomično koristiti i vrlo mali padovi na rijekama koje se ranije nisu razmatrale za energetske korišćenje.

(6) Mogućnost potpune tipizacije hidroelektrana u okviru pojedinih kaskadnih sistema (u Crnoj Gori to bi moglo biti na Limu) i serijska gradnja čitave kaskade doprinosi sniženju troškova građenja i ekonomičnom korišćenju pojedinih vodotoka.

(7) HE raznih tipova i veličina povećavaju vitalnost EES u uslovima izvanrednih događaja.

U novije vrijeme se na planu elektroenergetike i najrazvijenijih zemalja uočavaju neke tendencije koje su veoma bitne za sagledavanje uslova za razvoj hidroelektrana:

– Višegodišnja stagnacija izgradnje elektrana, izazvana raznim ograničenjima koja se sve oštrije postavljaju (zaustavljanje građenja nuklearnih elektrana, sve stroža ekološka ograničenja koja se postavljaju pri izgradnji termoelektrana, zabrana rada čak i nekih završenih nuklearnih elektrana, itd) istrošila su u većini zemalja rezerve snage koje su postojale ranije, tako da svijet postepeno ulazi u period sve napregnutijeg podmirivanja konzuma, posebno u periodima visokih opterećenja. Čak i tradicionalno veoma dobro „rezervirani” EES, kao što su francuski, nje-

mački, italijanski, sjevernoamerički (SAD i Kanada) i drugi, sada se suočavaju sa problemima u podmirivanju konzuma u periodima velikih sezonskih i vršnih opterećanja.

– Elektroenergetski sistemi čak i najrazvijenijih zemalja u uslovima smanjenih rezervi postali su ranjiviji na havarijske situacije. Više se ne tretira kao „nemoguć događaj” ispad iz pogona i vrlo velikih sistema, kao što su bili slučajevi u SAD, Kanadi, Njemačkoj, Austriji, Francuskoj itd.

– Strategija stvaranja „tržišta” električne energije, na koju se mnogo polagalo, jer se računalo da će dovesti – kroz konkurenciju ponude i tražnje – do smanjenja cijena električne energije, nije dala očekivane rezultate. U više slučajeva, dovela je do sasvim suprotnih efekata, što se najbolje očituje u krizi koja je stvorena u tradicionalno energetske neranji-vim SAD. U Kaliforniji je došlo do dramatičnih događaja na elektroenergetskom planu, sa veoma ostrim restikcijama, koje su ekonomski uzdrmale tu državu. Zakoni ponude i potražnje, u uslovima nedovoljne ponude upravo vršne energije, izazvali su pravi ekonomski kaos. Cijena energije u vršnim djelovima konzuma se pela u nekim periodima na neshvatljivu visinu od 1 USD/kWh, što je zahtijevalo intervenciju države, koja se prvi put morala da upliće u cijene električne energije, limitirajući ih u vršnim periodima u granicama od oko 25 USc/kWh. Vlasnici akumulacionih hidroelektrana, onih koje su mogle da uskaču samo u vršnim djelovima konzuma, doživjeli su ekonomski „bum”, jer su svoju veoma vrijednu (i traženu!) vršnu energiju mogli da plasiraju po cijenama koje su bile više puta veće od cijena bazne energije, koja se kretala na nivou od oko 9 USc/kWh. To je stvorilo posebno povoljne uslove i za rad reverzibilnih hidroelektrana, koje su mogle da rade visoko profitabilno, podmirujući nedostajuće količine vršne energije po veoma povoljnim cijenama u odnosu na cijenu bazne energije koju su trošile za pumpanje. Sažeto rečeno – elektroenergetske nevolje su pokazale pravu vrijednost hidroelektrana, posebno svih vidova akumulacionih hidroelektrana, naročito onih sa regulisanjem protoka dužim od nedeljnog regulisanja.

– U javnosti svih razvijenih evropskih zemalja potpuno se konsolidovao otpor protiv nuklearnih elektrana, tako da zatvaranje NE čiji je radni vijek istekao nije praćeno građenjem novih NE. To je posebno karakteristično za neke od najrazvijenijih zemalja EZ, u kojima se očekuje da uskoro bude zatvoreno, zbog isteka resursa vremena, oko trećina postojećih nuklearnih elektrana, zasad bez mogućnosti njihove blagovremene zamjene drugim objektima sličnih instalisanih snaga.

– Svjetska strategija mjera protiv globalnog zagrijavanja planete, finalizovana protokolom iz Kjota, ukoliko se ratifikuje, stvara ozbiljna ograničenja i u razvoju termoenergetskih objekata, koji su jedan od glavnih izvora gasova GHG („greenhouse gas” – gasovi „staklene bašte”). Pošto se zahtijeva smanjenje emisije gasova GHG, uvode se sve oštrija ograničenja na tom planu, što znatno poskupljuje (prema nekim analizama, i za preko 30%), a u nekim uslovima i onemogućava izgradnja novih termoelektrana. Time se pojačava nesklad između porasta elektroenergetskog konzuma, sa jedne strane, i stagnacije, pa i opadanja raspoloživih proizvodnih kapaciteta, sa druge strane.

Sve ovo ukazuje da svijet ulazi u sve ozbiljnije probleme u domenu elektroenergetike. Za sada se sistemi održavaju u nekom naizgled prihvatljivom stanju, uz smanjivanje ranijih značajnih rezervi snage. I u EES najrazvijenijih zemalja rezerve snage su se smanjile, negdje na samo oko 20%, pa i manje od toga, sa tendencijom daljeg smanjivanja. Zbog toga se situacija na elektroenergetskom planu ubrzano zaoštrava u svim zemljama u svijetu, a posebno u našem bližem okruženju. Neke razvijene zemlje sada izlaz vide u intenzivnijem korišćenju uvoznog ruskog gasa, koji bi se koristio za gasne TE, ali je jasno da se radi o rješenju koje nije dugoročno, jer se radi o iscrpljivim resursima, vrlo ranjivim u ekonomskim poremećajima na vazda turbolentnom tržištu svih fosilnih goriva.

U takvim okolnostima nastupilo je – vrijeme hidroelektrana. Hidroenergetski potencijali, posebno oni koji se mogu koristiti na akumulacionim postrojenjima, postaju posebno interesantni za sve zemlje. Otvara se prostor za građenje novih hidroelektrana, ali i za korjenitu revitalizaciju postojećih. One zemlje koje su svoje hidroenergetske potencijale iscrpile razmatraju sljedeće mogućnosti:

– povećavanja instalisanih snaga postojećih hidroelektrana, radi ostvarivanja veće operativne rezerve EES;

– doradu postojećih hidroenergetskih objekata i sistema dogradnjom pumpnih stanica za uvođenje u sisteme voda sa nižih horizonata, radi koncentracije protoka i povećavanja performansi akumulacionih HE na velikim padovima;

– izgradnju reverzibilnih hidroelektrana (RHE), radi podmirivanja vršnih djelova dijagrama opterećenja;

– napokon, što je za nas veoma bitno – realizaciju hidroenergetskih objekata u zemljama koje još nisu iskoristile svoje vodne potencijale, primjenom koncesionih modela ili po raznim BOT aranžmanima.

Sve to stavlja u sasvim novu situaciju sve one zemlje koji imaju neiskorišćene, a vrlo respaktabilne hidroenergetske potencijale. Crna Gora je upravo zemlja koja ima izvanredne još neiskorišćene mogućnosti na tom planu.

### 3. HIDROENERGETSKI POTENCIJALI CRNE GORE

Prosječni hidroenergetski potencijali (u tzv. prosječnoj hidrološkoj godini, za  $Q_{sr}$ ) prema Vodoprivrednoj osnovi Crne Gore (2001), za devet većih rijeka, određeni preko linijskih potencijala (sračunatih na po 5 km toka), pokazani su u tabeli 1. Prosječna snaga, data u MW, predstavlja prosječnu snagu, koja se ostvaruje za višegodišnje prosječne protoke ( $Q_{sr}$ ), koji su definisani za hidrološke serije u periodu 1947-1991.

Vidi se da Crna Gora raspolaže sa 9 846 GWh/god na devet većih rijeka, dok se bruto hidroenergetski potencijal na manjim vodotocima može procijeniti na oko 800 ÷ 1.000 GWh/god. Najvećim hidropotencijalom raspolaže Tara (2.225 GWh/god), slijede Zeta (2.007 GWh/god), Morača (1.469 GWh/god), Lim (1.438 GWh/god) i Piva (1.361 GWh/god), dok su potencijali ostalih vodotoka manji.

Tabela 1. Hidroenergetski potencijali duž glavnih vodotoka Crne Gore

<i>Rijeka</i>	<i>Prosječna snaga za <math>Q_{sr}</math> (MW)</i>	<i>Energija (GWh/god)</i>
Piva	155	1.361
Tara	257	2.255
Čehotina	53	463
Lim	164	1.438
Ibar	14	118
Morača do Zete	168	1.469
Zeta	229	2.007
Mala rijeka	52	452
Cijevna	32	283
Ukupno	1.124	9.846

Tehnički iskoristivi potencijali Crne Gore na većim postrojenjima, čija je iskoristivost dokazana odgovarajućom projektnom tehničkom dokumentacijom, zavisi od varijante korišćenja voda (prirodni tok rijeke Tare ili prevođenje dijela voda u sliv Morače):

– U slučaju korišćenja voda Tare u prirodnom pravcu tečenja iznosi oko *4,6 TWh/god.*

– U slučaju prevođenja oko  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  iz Tare u Moraču iznosi oko *5,3 TWh/god.*

– U oba slučaja potencijal se uvećava sa dijelom potencijala koji Republika Crna Gora dobija od 1/3 proizvodnje HE Buk Bijela, odnosno oko *380 GWh/god (0,38 TWh/god).*

– Procjenjuje se da se još oko *0,4 TWh/god.* može realizovati u okviru malih hidroelektrana (mHE snage manje od 10 MW) racionalnih izvedbi, koje spadaju u kategoriju ekonomski iskoristivog potencijala Crne Gore.

Na osnovu toga može se zaključiti da je ukupni tehnički potencijal Crne Gore oko *5,4-6,1 TWh/god,* zavisno od varijante korišćenja voda. Na postojećim objektima je iskorišćeno oko *1,7 TWh/god,* instalisane snage 658 MW.

Okvirne potrebe Crne Gore u električnoj energiji oko 2021. godine iznose, prema Vodoprivrednoj osnovi Crne Gore oko *6,9 TWh/god.* Znači, stepen pokrivenosti konzuma hidroenergijom mogla bi da dostigne vrijednost i preko 80%. Po tim pokazateljima Crna Gora spada u grupu zemalja bogatih vodnim resursima, jer dobar dio svog elektroenergetskog konzuma može da podmiri iz hidropotencijala, kao najracionalnijeg obnovljivog izvora. Naravno, to uopšte ne znači da ne treba da se koriste zalihe lignita i eventualne zalihe gasa, ukoliko dođe do njihovog pronalaženja najnovijim istražnim radovima. Međutim, uz intenzivnije korišćenje hidroenergetskih potencijala energetske korišćenje fosilnih goriva moglo bi se obavljati u mnogo lagodnijim eksploatacionim i ekološkim uslovima.

#### 4. HIDROENERGETSKA RJEŠENJA U CRNOJ GORI U NOVIM USLOVIMA

U Crnoj Gori je došlo do značajnih promjena u okruženju, u odnosu na vrijeme kada je, početkom 70-ih godina prošlog vijeka, rađen Osnovni projekat korišćenja vodom sliva Drine, i kada su izučavani načini iskorišćenja i ostalih hidroenergetskih potencijala Republike. Neke do tada relativno malo naseljene i infrastrukturno slobodne rječne doline kasnije su doživjele pravu ekspanziju u naseljavanju, u čemu posebno prednjači dolina u gornjem toku Lima. Značajno su se promijenila i shvatanja o nužnosti zaštite posebnih ekoloških vrijednosti rječnih eko-

sistema, što je unijelo nova ograničenja u moguće koncepcije iskorišćenja vodnih potencijala nekih rijeka (posebno rijeke Tare). Svjetski standardi koji se odnose na zaštićene vodene ekosisteme počeli su da se dosljednije primjenjuju i u Crnoj Gori, što neizbježno utiče na rješenja koja se mogu realizovati na nekim rijekama, prije svega na rijeci Tari.

Analizom rješenja koja se nalaze u razmatranju, bilo u okviru ranijeg Osnovnog projekta sliva Drine, kao i u okviru tokom 2001. godine usvojene Vodoprivredne osnove Crne Gore, mogu se izvući zaključci o realnosti tehničkih rješenja u novim okolnostima. Ovdje će ta rješenja biti analizirana po rijekama.

**RIJEKA PIVA.** Hidroenergetsko rješenje rijeke Pive je najvećim dijelom determinisano položajem i parametrima HE Piva. Donji dio toka koristiće se u okviru HE Buk Bijela do kote 500 mnm, za što je objekat HE Piva već pripremljen tokom građenja (položaj platoa i opreme, izgrađen donji vodostan na izlaznom tunelu, jer će u novim uslovima biti pod pritiskom). Gornji dio toka Komarnice, na potezu do Šavnika, sasvim je determinisan sadašnjim projektnim rješenjem HE Komarnica, koji spada u kategoriju ekonomski iskoristivog potencijala. Kota normalnog uspora HE Komarnica zbog uklapanja u urbano okruženje (očuvanje grada Šavnika) spuštena je na 818 mnm. I pored tog sniženja u odnosu na ranija rješenja, koja su predviđala izmještanje naselja Šavnik, dobija se vrlo značajna HE Komarnica, snage 160 MW, sa godišnjom proizvodnjom od oko 250 GWh/god, sa akumulacijom za godišnje regulisanje od oko 220 hm<sup>3</sup>, koja ima značajan udio u popravljaju vodnih režima Drine.

Hidroenergetsko rješenje sliva uzvodno od Šavnika je moguće u dvije varijante, ali one nisu presudne za konačnu konfiguraciju sistema i mogu se odabrati kasnije optimizacionom analizom. Jednu grupu varijanti na Pivi čine objekti derivacionih hidroelektrana Pošćenje i Buk – Šavnik, snage 7,3 MW i 20 MW, proizvodnje 16 GWh/god i 53 GWh/god, dok drugu grupu čine derivacione hidroelektrane, u uzvodnom slivu Komarnice: Šavnik (35 MW, 86 GWh/god) i Timar (14 MW, 32 GWh/god). Varijanta 2 je energetska i sa gledišta dužine derivacionih tunela povoljnija, ali bi bila potrebna detaljnija energetska-ekonomska analiza, na nivou generalnog projekta, koja bi potvrdila da li je to rješenje povoljnije sa gledišta kompletiranja korišćenja voda u gornjem slivu Komarnice.



Tabela 2: Pokazatelji objekata u slivu Pive

Naziv HE	Tip	Deriv.	$Q_{sr}$	$Q_{inst}$	$H_b$	$H_n$	$N_i$	$E_{god}$	$V_k$	KNU
Glavni tok:	HE	(km)	( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )	(m)	(m)	MW)	GWh/g	$hm^3$	mnm
Komarnica	Pibr.	–	21,6	130	155	153,4	160	247	220	818
<i>Varijan. 1:</i>										
Pošćenje	Deriv.	4,2	1,45	6	156	148	7,3	16	9,6	976,5
Buk – Šavnik	Deriv.	6,66	2,93	10	256,5	243	20	53	0,95	1080
$\Sigma$ Varj. 1:							27,3	69	10,6	
<i>Varijan. 2:</i>										
Šavnik	Deriv.	5,5	7,65	25	162	151	35	86	1,5	980
Timar	Deriv.	2,8	2,72	10	165	159,4	14	32,3	1,8	1150
$\Sigma$ Varj. 2:							49	118	3,3	

Ukupno sliv Pive (novi objekti)	$N_{inst}$ (MW)	$E_{god}$ (GWh/god)	$V_k$ ( $hm^3$ )
HE Komarnica + pritoke varij. 1:	187	316	231
HE Komarnica + pritoke varij. 1:	209	365	223

U okviru rješenja na slivu Pive treba razmotriti i mogućnosti povećanja instalisane snage na postojećoj HE Piva. Sadašnja instalacija od  $3 \times 80 = 240 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_i/Q_{sr} = 3,2$ ), instalisane snage 360 MW, nominalne snage 342 MW, postaje nedovoljna za akumulacionu HE tako velike korisne zapremine akumulacije od  $790 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Sa povećanjem snage na oko  $700 \div 750 \text{ MW}$ , HE Piva bi postala jedna od najvrijednijih elektrana u čitavom ovom dijelu Evrope, sa izuzetnom ulogom u pokrivanju vršnih opterećenja i obezbjeđivanju operativne rezerve EES. Dodatna korisna zapremina od  $220 \text{ hm}^3$  koju bi obezbjeđivala uzvodna HE Komarnica poboljšala bi i onako izvanrednu regulacionu i vršnu ulogu HE Piva.

**RIJEKA TARA.** Tara je energetska najznačajnija rijeka Crne Gore (linijski potencijal od oko 2260 GWh/god), ali je i najsloženija za rješavanje, upravo zbog vrlo čvrstih ekoloških uslovljenosti i ograničenja u okruženju. Polazište za određivanje prihvatljive varijante je sljedeće:

1. Neprikosnoven je i ne smije se na bilo koji način remetiti dio toka koji sada služi za turizam (na kome se obavlja rafting), od polazišta uzvodno od mosta, pa sve do isklinjavanja uspora od HE Buk Bijela.

2. Rješenje na dijelu toka od Ljutice do Mojkovca mora da bude u potpunom skladu sa zahtjevima očuvanja ekoloških i turističkih funkcija nizvodnog dijela toka. To podrazumijeva:

- poboljšanje režima malih voda (oplemenjavanje / povećanje malih voda), posebno u toplom dijelu godine, kada se donji dio toka koristi za turizam;

- upravljanje temperaturnim i kiseoničnim režimima toka i njihovim održavanjem u najpovoljnijem ekološkom stanju, kao i u stanju koje obezbjeđuje nesmetanu turističku valorizaciju toka;

- zaštita manastira Dobrolovina i prirodnog rezervata Crne podi; zaštita Donjih polja nizvodno od Mojkovca, kao zemljišnih resursa na koje se naslanja grad Mojkovac.

3. Rješenje sistema u dijelu toka uzvodno od Mojkovca treba da bude fleksibilno, da može da obezbijedi cjelovito iskorišćenje vodnog potencijala i u uslovima prevođenja dijela voda iz Tare u Moraču, i u slučaju da do takve odluke ne dođe. Za rješenja na tom potezu postavljaju se sljedeći zahtjevi:

- Rješenje treba da obezbijedi uslove za potpuno skladan razvoj grada Kolašina, kao i za njegovo čvrsto povezivanje sa novim jezerskim akvatorijama kraj kojih će se naći.

- Moraju se predvidjeti mjere zaštite koje obezbjeđuju da se jezera na tom dijelu toka, kao i sva ostala na Tari, trajno održavaju u oligotrofnom stanju, ili na granice oligotrofnog i mezotrofnog stanja, koje obezbjeđuje punu turističku i sportsko-rekreativnu valorizaciju tih akvatorija.

Sa tako definisanim zahtjevima razmatrane su dvije grupe varijanta koje su razrađivane za rijeku Taru. Varijanta 1 predviđa izgradnju objekata (većih i manjih akumulacija): Žuti krš (viša varijanta, sa  $NU=1000$  mnv,  $V_k=198$  hm<sup>3</sup>), Bakovića klisura ( $NU=932$  mnv, 7 hm<sup>3</sup>), Trebaljevo ( $NU = 903$  mnv, 4,5 hm<sup>3</sup>) i Ljutica ( $NU = 770$  mnv, 316 hm<sup>3</sup>). Sa tom konfiguracijom objekata moglo bi da se realizuje rješenje, bilo na prirodnom pravcu tečenja, ili u pravcu prevođenja dijela vode iz akumulacije Žuti krš prema Morači. Na najuzvodnijem dijelu toka, nezavisno od varijanti, predviđa se akumulaciono-derivaciona HE Opasavnica. Ključne performanse tog rješenja daju se u tab. 3.

Varijanta 2 predviđa izgradnju sljedećih objekata: velike akumulacione HE Tepca u dijelu kanjona koji se sada koristi za splavarenje ( $NU=740$  mnv,  $V_k=1050$  hm<sup>3</sup>), akumulacije Mojkovac (85 hm<sup>3</sup>), Žuti krš ( $NU = 980$  mnv, niža varijanta, sa  $V_k = 50$  hm<sup>3</sup>), i Mateševo ( $NU = 1050$  mnm, 145 hm<sup>3</sup>), kojim se kompenzira zapremina koja se gubi

na akumulaciji Žuti krš u uslovima obaranja kote sa 1000 mnm na 980 mnm.

Tabela 3: Pokazatelji objekata na rijeci Tari za slučaj prirodnog pravca toka:

Naziv HE	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{inst}$ ( $m^3/s$ )	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ $hm^3$	KNU mnm
Opasanica	Deriv.	3,1	6,0	12	110	~ 105	10	43	45	1160
Žuti krš	Pribr.	–	16,62	80	61	59	40	73	198	1.000
Bakovića kl.	Pribr.	–	25,53	80	28	26	20	49,4	7	932
Trebaljevo	Deriv.	14,2	26,34	70	107		59	154,2	4,5	903
Ljutica	Pribr.	–	51,98	200	127	125	212	484	316	770

Zahtjeve i kriterijume koji su gore navedeni u pogledu očuvanja kanjona ispunjava samo varijanta 1, sa akumulacionom HE Ljutica, sa kotom 770 mnm, koja ne ugrožava ni jednu od zaštićenih ekoloških i kulturno-istorijskih vrijednosti, a koja omogućava ispunjavanje ciljeva ekološke i turističke valorizacije kanjona (upravljanje temperaturnim i kiseoničnim režimom, poboljšavanje režima malih voda prema potrebi splavarenja itd.)

Varijanta 2, sa velikom akumulacijom Tepca koja se nalazi usred strogo zaštićenog kanjona, koji se nalazi pod „lupom” čitave svjetske javnosti – nije realna. Nesumnjive su vrlo značajne energetske i vodoprivredne performanse tog objekta, posebno zbog vrlo velike akumulacije ( $1050 \times 10^6 m^3$ ), ali je njegova ostvarljivost krajnje nerealna sa gledišta zaštite kanjona Tare kao raritetnog, zaštićenog vodenog ekosistema. Stanje ekološke svijesti u svijetu je takvo da bi se Crna Gora našla pod velikim udarom ekoloških krugova iz cijelog svijeta već pri prvom nagovještaju ideje da realizuje veliku akumulaciju usred kanjona koji sada doživljava intenzivnu turističku i ekološku valorizaciju u toplom dijelu godine (splavarenje, ribolov, izletnički turizam), i koji predstavlja zaštićenu prirodnu rjetkost biosfere. Izgradnja tog objekta bi zahtijevala i prethodnu izgradnju pristupnog puta, što bi predstavljalo svojevrsnu ekološku destrukciju kanjona. Zbog toga se čini svrsishodnim da se HE Tepca odmah isključi iz daljeg razmatranja, jer bi dovela do otpora koji bi se prenio i na sve ostale objekte čitavog sistema na Tari, koji nemaju nepovoljne efekte na okruženje. (Poznat „halo efekat” iz socijalne psihologije, kada se jedan veoma nepovoljan sud o nekom elementu / događaju prenese na sve ostale elemente koji su sa njim u vezi). Umjesto nje vrlo izgledna postaje varijanta sa HE Ljutica, koja se u cjelosti nalazi izvan

– uzvodno od zone rijeke Tare koja se sada koristi za turističku i sportsko-rekreativne potrebe, i koja se može valjano uklopiti u ekološko okruženje. I to ne samo da se uklopi u okruženje, već akumulacija Ljutica treba da bude objekat koji oplemenjuje životnu sredinu, omogućavajući da se upravlja režimima voda, posebno u malovodnom periodu (povećavanje malih voda), i upravljanje temperaturnim i kiseoničnim režimom, kako bi se ekološki uslovi u kanjonu održavali na najvišem nivou.

Pošto se HE Tepca ne preporučuje za realizaciju, ona se ovde neće ni razmatrati. Potreban je još jedan kraći osvrt na akumulaciju Žuti krš. Ukoliko izvjesne nedoumice izaziva kota normalnog uspora akumulacije Žuti krš, treba jasno istaći da je ta kota sasvim korektna i sa tehničkog stanovišta, i sa gledišta bezbjednosti brane, evakuacije velikih voda, investicija, ali i sa gledišta uklapanja u urbano tkivo obližnjeg grada Kolašina. Grad bi se mogao izuzetno dobro povezati sa takvom akvatorijom, koja bi predstavljala osnovu za njegov turistički i urbani razvoj. Međutim, ukoliko se postavi kao problem (a ne bi trebalo!) psihološki efekat postojanja velike akumulacije iznad Kolašina, postoji varijentno rješenje: moguće je kombinovanje elemenata rješenja varijanti 1 i 2: (a) usvajanje niže kote akumulacije Žuti krš (spuštanje kote do oko 980 mnm, sa još uvijek prihvatljivom akumulacijom od oko 50 hm<sup>3</sup>), čime se iznad Kolašina stvara ne prevelika, ali dosta stabilna akvatorija, koja bi mogla da ima veoma uspješnu turističku i sportsko-rekreativnu valorizaciju, kao izletišta i mjesto odmora i rekreacije na vodi građana Kolašina i turista, (b) ostvarivanje potrebnog stepena regulisanja voda može se ostvariti proširenjem sistema sa akumulacionom HE Mateševo (NU = 1050 mnm, 145 hm<sup>3</sup>), čime bi se umjesto jedne velike ostvarile dve akumulacije, približno iste zapremine, koje se odlično uklapaju u socijalno i ekološko rješenje. Time se na Tari dobija konfiguracija objekata, koja se najbolje uklapa u okruženje (idući od uzvodnih objekata ka nizvodnim): HE Mataševo (145 hm<sup>3</sup>), akumulacija Žuti krš (niska varijanta, 50 hm<sup>3</sup>), Bakovića klisura (7 hm<sup>3</sup>), Trebaljevo (4,5 hm<sup>3</sup>) i Ljutica (316 hm<sup>3</sup>). Čitav kanjon Tare koji se sada tretira kao strogo zaštićen dio kanjona ostao bi i dalje slobodan i potpuno zaštićen, a na kraju toka Tare koristio bi se dio potencijala u okviru HE Buk Bijela (oko 380 GWh/god za Crnu Goru). Ta konfiguracija objekata se može koristiti i u uslovima prevođenja dijela voda Tare, što će biti posebno razmotreno u dijelu koji se odnosi na integralno korišćenje voda sliva gornje Drine.

Imajući u vidu energetske i ekonomske performanse, kao i odlične mogućnosti za uklapanje akumulacije Žuti krš u urbano tkivo Kolašina, kao i

razvojne mogućnosti koje pruža ta akvatorija na planu turističkog razvoja ne samo grada, već te čitave regije (najbolji spoj ljetnjeg jezerskog i planinskog turizma, imajući u vidu Bjelasicu, i zimskog smučarskog turizma), preporučuje se zadržavanje kote  $NU = 1000$  mnm. Pošto se upravo na području opštine Kolašina formira akumulacija kao centralni objekat HE Koštanica, najveći dio resursne rente treba da ide neposredno ka toj opštini.

RIJEKA LIM. Dolina Lima je doživjela najveće urbane i socijalne promjene u periodu od izrade Osnovnog projekta 1970. godine. To onemogućava primjenu strategije ranijih tehničkih rješenja, koja se temeljila na realizaciji velike čeone akumulacione HE Andrijevića, sa kotom  $NU = 860$  mnm, koja bi regulisala protoke za nizvodnu kaskadu nižih stepenica. Sadašnje analize ukazuju na sljedeće moguće strategije korišćenja potencijala Lima:

(1) Ukoliko se ide na akumulacioni tip elektrana na Gornjem Limu, mora doći do značajnog obaranja  $NU$  akumulacije Andrijevića, na kotu ne višu od 830 mnm.

(2) Uklapanje u vrlo obavezujuće okruženje može se ostvariti potpunim odustajanjem od akumulacionih objekata na tom potezu Lima, sa prelaskom na kaskadu niskih stepenica, sa derivacionim kanalskim hidroelektranama, koje bi se najbolje uklopile u socijalno i urbano okruženje.

(3) Akumulacije za regulisanje protoka mogle bi se smjestiti na pritokama, u bočnim dolinama, koje nisu angažovane urbanim sadržajima.

Analizirajući moguće varijante hidoenergetskih rješenja na Limu nameću se dvije modifikovane grupe varijanti.

Varijanta 1: kaskada sa modifikovanim, sniženim akumulacijama na Limu, kako bi se sistem adekvatno uklopio u socijalno i urbano okruženje. Kaskadu bi činile četiri derivacione hidroelektrane. Najuzvodnija bi bila derivaciona kanalska HE Murino (24 MW, oko 90 GWh/god), koja bi koristila pad Lima između Plavskog jezera (oko 906 mnm) do nizvodne snižene akumulacije Andrijevića. Sa instalisanim protokom od oko 40 m<sup>3</sup>/s taj objekat se može uklopiti u urbano okruženje bez većih teškoća. Drugu stepenicu čini akumulaciona HE Andrijevića, sa kotom  $NU = 830$  mnm (obaranja kote za 30 m u odnosu na prvobitnu), kojim se još uvijek u prihvatljivim granicama potapa dio dolina Lima i ne ugrožava naselje Murino. U derivacionoj podvarijanti te grupe varijanti (derivacija do nizvodne HE Lukin Vir), realizovala bi se snaga od oko 73 MW, sa godišnjom proizvodnjom od oko 187 GWh/god. Treću stepenicu čini HE Lukin Vir ( $NU = 740$  mnm, 13 MW, 50 GWh/god), a četvrtu deriva-

ciona HE Navotina, koja koncentriše i koristi dio pada u dolini uzvodno od Berana (13 MW, 44 GWh/god). Ova varijanta može se uklopiti u urbano okruženje, ali je znato otežava značajan obim potapanja riječne doline uzvodno od Andrijevice, koja se nalazi u ekspanziji izgradnje, tako da se u budućnosti može očekivati da će se troškovi raseljavanja povećavati. Postoji mogućnost uvođenja Zlorečice i Šekularske rijeke u tu akumulaciju, čime bi se njene proizvodne performanse poboljšale.

Varijanta 2 bi se mogla nazvati „varijantom sa najmanje remećenja socijalnog i urbanog okruženja”. Čini je kaskada od 12 niskih stepenica, sa usporom koji se uglavnom zadržava samo u okviru korita za veliku vodu, sa kratkim kanalskim derivacijama, sa padovima od oko 25 ÷ 29 m, pojedninačne snage 8 ÷ 20 MW, ukupne snage od oko 156 MW, sa prosečnom proizvodnjom od oko 590 GWh/god. U toj varijanti akumulacije bi se mogle realizovati u bočnim dolinama, na pritokama, pri čemu su moguće veće zapremine akumulacija na sljedećim rijekama: Ljubovidi (240 hm<sup>3</sup>), Lješnici (115 hm<sup>3</sup>), Grlji – Grnčar (92 hm<sup>3</sup>), Zlorečici (70 hm<sup>3</sup>) i Đuričkoj rijeci (oko 60 hm<sup>3</sup>). Po toj varijanti, koja je veoma izgledna sa gledišta uklapanja u socijalno i infrastrukturno okruženje, glavna dolina Lima bi se maksimalno čuvala od zaposjedanja akvatorijama i plavljenja, dok bi se težište regulisanja protoka prebacilo u bočne doline, koje nisu zaposjednute naseljima i drugim objektima.

Tabela 4: Pokazatelji objekata na Limu u uslovima niskih stepenica

Naziv HE Glavni tok:	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{inst}$ (m <sup>3</sup> /s)	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ hm <sup>3</sup>	KNU mnm
Plav	K. der.	2,8	23,0	40	29	27	8	37		907
Reženica	K. der.	2,5	23,0	40	28	26	8	35,6		878
Murino	K. der.	3	25,0	40	25	23	8	34,3		850
Mostine	K. der.	3,5	26,5	40	25	23	8	36,3		825
Jagnjilo	K. der.	4	28,5	40	25	23	8	39,0		800
Bukva	K. der.	2,7	29	60	25	23	12	39,7		775
Trešnjevo	K. der.	5,5	35,6	60	25	23	12	48,7		750
Novotine	K. der.	4,2	37,7	80	25	23	16	51,7		725
Ivangrad	K. der.	4,5	38,8	80	25	23	16	53,2		700
Poda	K. der.	9,1	47,2	100	25	23	20	64,7		645
Gručevica	K. der.	8,5	53,3	100	25	23	20	73		620
Pripčići	K. der.	8	55	100	25	23	20	75,4		595
Σ glavni tok:							156	589		

Nastavak tabele 4. Pokazatelji objekata na pritokama rijeke Lima

Naziv HE Prit. Lima:	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{inst}$ ( $m^3/s$ )	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ $hm^3$	KNU mnm
Grlja Grnčar	Pribr.	-	7,5	17	90	88	13	49,1	92	1060
Đurička r.	Deriv.	3,5	2,4	10	178,6	171,6	15	25,5	60	1100
Zlorečica	Deriv.	2,6	6,7	20	123	117,9	20	49,8	70	880
Šekularska r.	Deriv.	3,3	1,5	10	148	141,5	12	13,8	20	885
Trebačka r.	Deriv.	3,5	1,1	5	620	613	26	41,5	30	1360
Ber. Bistrica	Pribr.		5,2	15	86	84	11	27,6	30	850
Kaludarska	Deriv.	9,0	1,1	10	317	315	27	21,9	25	1030
Lješnica	Pribr.		3,7	10	70	68	10	15,7	115	740
Ljuboviđa	Deriv.	6,0	7,2	17	176	164	26	75	240	750
Bjel. Bistrica	Pribr.		4,1	20	95	93	16	24,1	40	698
Σ pritoke:							175	344	722	
Lim+pritok.							331	933	722	

RIJEKA ČEHOTINA. Čehotina se može rješavati u dvije varijante. Varijantu 1 čine akumulacione i derivacione HE Gradac ( $85 \text{ hm}^3$ , 23 MW, 66 GWh/god) i HE Mekote ( $74 \text{ hm}^3$ , 26 MW, 71 GWh/god). Varijanta 2 ima znatno bolje energetske i vodoprivredne performanse i čine je HE Gradac ( $74 \text{ hm}^3$ , 25 MW, 72 GWh/god) i HE Milovci ( $386 \text{ hm}^3$ , 50 MW, 150 GWh/god). Osnovna vrijednost druge varijante je što se može realizovati velika akumulacija Milovci ( $386 \text{ hm}^3$ ), koja se može dosta uspješno uklopiti u okruženje, a koja svojom velikom korisnom zapreminom može da bude atraktivna za regulisanje vodnih režima toka Drine, što će se razmatrati u dijelu koji se odnosi na rješenje gornjeg sliva Drine.

Tabela 5: Pokazatelji objekata na Čehotini:

Naziv HE Varijanta 1:	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{inst}$ ( $m^3/s$ )	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ $hm^3$	KNU mnm
HE Gradac	Deriv.	4,0	12,56	38	78	70	23	65,5	85	742
HE Mekote	Deriv.	6,3	15,39	38	74	62	26	70,6	74	657
Σ Varij. 1:							49	136	159	
Varijanta 2:										
HE Gradac	Deriv.	3,8	12,56	38	85	77	25	72	85	742
HE Milovci	Deriv.	10	17,18	50	134	114	50	145,8	386	650
Σ Varij. 2:							75	218	471	

RIJEKA IBAR. Iskorišćenje potencijala Ibra u Crnoj Gori rješava se samo sa jednom akumulacionom HE Bać (200 hm<sup>3</sup>, 29 MW, 48 GWh/god). Akumulacija se dosta uspješno uklapa u okruženje. Njena se vodoprivrdna funkcija posebno valorizuje nizvodno, u Srbiji, što može da bude predmat ekonomskih razmatranja, radi zajedničkog investiranja u taj objekat. Ključni parametri su prikazani na tab. 6.

Tabela 6. Pokazatelji objekata na Ibru

Naziv HE	Tip	Deriv.	$Q_{sr}$	$Q_{inst}$	$H_n$	$H_n$	$N_i$	$E_{god}$	$V_k$	$KNU$
	HE	(km)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(MW)	GWh/g	hm <sup>3</sup>	mnm
HE Bać	Pribr.	–	5,56	30	117	115	29	48	200	971

RIJEKA MORAČA. Određivanje hidroenergetskog rješenja na toku Morače je u vrlo poodmakloj fazi, tako da je na osnovu Idejnog projekta kaskade od četiri stepenice (HE Andrijevo, Raslovići, Milunovići, Zlatica) već bio raspisan i međunarodni tender za izgradnju. Rješenje koje je predloženo i sa kojim se ušlo u tenderski postupak, nesumnjivo je vrlo atraktivno u energetsom smislu. Ono je atraktivno i u varijanti sa prirodnim tokom vode, ali je još atraktivnije u uslovima prevođenja, zbog čega su u dispozicijama sve četiri stepenice bila predviđena mjesta za ugradnju trećih agregata, jer se na taj način otvaraju mogućnosti za kasnije znatno poboljšavanje performansi kaskade, u uslovima prevođenja dijela voda Tare u Moraču. Rješenje karakteristiše velika čeona akumulacija Andrijevo (250 hm<sup>3</sup>), koja vrši godišnje regulisanje protoka, što je od velikog značaja za ulogu takve varijante moračke kaskade u elektroenergetskom sistemu. Međutim, ta velika akumulacija, sa kotom  $NU = 285$  mnm, je i određana slabost tog rješenja, isključivo iz – psiholoških razloga. Naime, akumulacija sa tom kotom uspora nalazi se samo nekoliko metara ispod platoa na kome se nalazi manastir Morača, što stvara nepovoljan psihološki efekat da će takvim rješenjem biti ugrožen taj vjerski i kulturno-istorijski spomenik najvišeg ranga. Tehničko rješenje je predvidjelo sve potrebne mjere da se manastir ne samo ne ugrozi već i da se znatno poboljša geotehnička sigurnost terena na kome se nalazi u odnosu na sadašnje stanje. Sažeto rečeno, hidrotehničko rješenje sa velikom akumulacijom Andrijevo je imalo pored ostalih ciljeva i cilj potpune revitalizacije i osiguranja manastirskog kompleksa, koji je sada veoma ugrožen po više osnova. Zbog toga je bilo predviđeno potpuno osiguranje rječne terase na kojoj se nalazi manastir, jednom posebnom kamenom nasutom konstrukcijom, koja je trebalo da podupre



sada dosta nestabilnu rječnu terasu na kojoj se nalazi manastir. Takođe, bili su predviđeni i radovi koji su trebali da valjano dreniraju čitav plato na kome se nalazi manastir, kako bi se spriječilo sadašnja devastacija fresaka na donjem dijelu manastirskih zidova, zbog prodiranja vlage iz temeljnih zidova. Planirani radovi na obezbjeđenju geotehničke stabilnosti rječne terase, kao i izmještanje puta i svih neprikladnih profanih sadržaja iz neposrednog okruženja manastira Morača, imali su plemenit cilj: potpuno obezbjeđenje tog vjerskog i kulturno-istorijskog spomenika najvišeg nivoa značajnosti i uređenje njegove okoline na način koji je primjeren sakralnim funkcijama tog kompleksa najvišeg nacionalno, ali i svjetskog značaja.

Tabela 7: Pokazatelji objekata na rijeci Morači u varijanti 1 (Andrijevo 285 mmm):

<i>Naziv HE</i>	<i>Tip HE</i>	<i>Deriv. (km)</i>	$Q_{sr}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{inst}$ ( $m^3/s$ )	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ $hm^3$	<i>KNU mmm</i>
Glavni tok:										
HE Ljevišta	Deriv.	2,2	3,56	20	300,5	277,1	47	73,4	27	1028
Krušev Lug	Deriv.	1,3	7,06	35	105,6	94,1	27	49,5	29	590
Ljuta	Deriv.	1,7	9,78	50	159	155	60	113	45	463
Andrijevo	Pribr.	-	37,8	120	117	115	127	323,7	250	285
Raslovići	Pribr.	-	42,1	120	36	34	37	106,6	2,8	155
Milunovići	Pribr.	-	44,8	120	38	36	37	120,1	6,8	119
Zlatica	Pribr.	-	57,3	120	38,5	36,5	37	155,7	13	81
Σ glavni tok							372	942	374	
Pritoke Morače:										
Ibrija	Deriv.	0,7	1,27	6	158,2	150,4	7	14,2	8,4	481
V Duboko	Deriv.	5,8	2	10	549	492	40	73,3	13,5	846
Nožica	Deriv.	1,6	2,56	12	154	140	14	26,7	17	948,5
Brskut	Deriv.	6,9	3,23	15	649	590	74	141,9	11,2	785
Σ pritoke							135	256	50	
Morača+ pritoke							507	1198	424	

Drugim riječima, hidrotehničko rješenje je imalo zadatak i da potpuno sanira sadašnje veoma loše stanje manastirskog kompleksa i da ga pripremi da bezbjedno i dostojanstveno, sa obnovljenim sjajem, može da traje u narednim vjekovima.

Međutim, sve te veoma dobre i sa gledišta zaštite manastira neosporno valjane namjere nisu bile prihvaćene sa razumijevanjem u javnosti. Zbog toga bi trebalo punu pažnju posvetiti varijanti koja je nastala tokom rada na Vodoprivrednoj osnovi Crne Gore, koja predviđa sniženje kote uspora akumulacije Andrijevo za oko 35 m (na kotu NU = 250 mm), koja se upravo sa tog psihološkog stanovišta znatno bolje uklapa u kulturološko okruženje. Naravno, i u tom slučaju treba predvidjeti mjere zaštita manastira, jer je on, kako je već naglašeno, već sad ugrožen geotehničkom nestabilnošću rječne terase na kojoj se nalazi (u seizmičkim uslovima) i neuređenim vodotokom, koji prodire u podzemlje i fundamente manastira, odakle kapilarno vlaži zidove i razara freske u nižem dijelu crkve. To rješenje je povoljnije i u ekološkom pogledu, jer znatno manje potapa kanjon Platija.

Tabela 8: Pokazatelji objekata na rijeci Morači u varijanti 2 (Andrijevo 250 mm):

Naziv HE	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{inst}$ (m <sup>3</sup> /s)	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ hm <sup>3</sup>	KNU mnm
Glavni tok:										
Dubravica	Pribr.	–	9,78	50	146	144	60	104,9	100	500
Grla	Pribr.	–	9,78	30	40	38	10	27,7	2	335
Andrijevo	Pribr.	–	37,8	120	85	83	127	233,6	100	250
Raslovići	Pribr.	–	42,1	120	36	34	37	106,6	2,8	155
Milunovići	Pribr.	–	44,8	120	38	36	37	120,1	6,8	119
Zlatica	Pribr.	–	57,3	120	38,5	36,5	37	155,7	13	81
Σ glavni tok							308	749	225	
Pritoke Morače:										
Ibrija	Deriv.	0,7	1,27	6	231	229,6	12	21,7	8,4	481
Velje Dubok	Deriv.	5,8	2	10	550	538,4	46	80,2	1,6	800
Nožica	Deriv.	1,6	2,56	12	154	140	14	26,7	17	948,5
Brskut	Deriv.	6,9	3,23	15	649	590	74	141,9	11,2	785
Sjevernica	Pribr.	–	2	10	100	98	9	14,6	30	350
Pavličići	Pribr.	–	13	60	111	109	56	105,5	55	200
Prifta	Pribr.	–	27	100	98	96	82	193,0	180	200
Σ pritoke							293	584	303	
Morača+ pritoke							601	1332	527,8	

U toj varijanti dio zapremine koja se gubi obaranjem kote NU za 35 m u akumulaciji Andrijevo nadoknađuje se izgradnjom uzvodne čeone akumulacije Dubravica, zapremine oko 100 hm<sup>3</sup>. U toj varijanti 2 rješenje hidroenergetske kaskade na Morači sastoji se iz sljedećih objekata, idući od uzvodnog dijela nizvodno: akumulaciona HE Dubravica (100 hm<sup>3</sup>, 60 MW, 105 GWh/god), protočna HE Grla (2 hm<sup>3</sup>, 10 MW, 28 GWh/god), akumulaciona HE Andrijevo – nisko (100 hm<sup>3</sup>, 127 MW, 234 GWh/god), dok bi ostale nizvodne stepenice ostale sa sada planiranim parametrima: HE Raslovići (2,8 hm<sup>3</sup>, 37 MW, 107 GWh/god), HE Milunovići (6,8 hm<sup>3</sup>, 37 MW, 120 GWh/god), HE Zlatica (13 hm<sup>3</sup>, 37 MW, 107 GWh/god). Kao što se zapaža, tom varijantom se ne devalvira veoma izgledno hidroenergetsko rješenje planirane kaskade na Morači, već je isto: (a) prihvatljivije sa gledišta uklapanja u kulturološko uokruženje (zona oko manastira Morača), (b) bolje uklopljeno u ekološko okruženje, (c) povoljnije je sa gledišta prevođenja dijela vode Tare u Moraču, jer se može obezbijediti donji kompenzacioni basen, za slučaj eventualnog pretvaranja HE Koštanica u reverzibilnu elektranu, dogradnjom pumpnih agregata u nekom nedefinisanim vremenskom presjeku u budućnosti, o čemu će biti riječi o predloženom integralnom rješenju u gornjem slivu Drine.

U toj varijanti 2 moguća je realizacija više značajnih hidroelektrana na pritokama. To su: Ibrija (8,4 hm<sup>3</sup>, 12 MW, 22 GWh/god), Velje Duboko (1,6 hm<sup>3</sup>, 46 MW, 80 GWh/god), Nožice (17 hm<sup>3</sup>, 14 MW, 27 GWh/god), Brskut (11,2 hm<sup>3</sup>, 74 MW, 142 GWh/god), Sjevernica (30 hm<sup>3</sup>, 9 MW, 15 GWh/god), Pavličići (55 hm<sup>3</sup>, 56 MW, 106 GWh/god), Prifta (180 hm<sup>3</sup>, 82 MW, 183 GWh/god). Razmatrana postrojenja HE Pavličići na Maloj rijeci i HE Prifta na Cijevni prikazane u tab. 8 u varijanti 2 mogu se realizovati i u varijanti 1, što važi i za neka postrojenja iz varijante 1 (HE Ljevišta, HE Kružev Lug) koja se mogu realizovati i u varijanti 2. Obje varijante treba shvatiti uslovno, radi utvrđivanja mogućnosti realizacije tehnički iskoristivog potencijala. Zapaža se valjanost i varijante 2, zbog čega je sasvim opravdano da i ona bude dobro projektno izučena, na istom nivou kao i varijanta 1, kako bi se mogla da donese projektna odluka koja će biti tehnički opravdana i socijalno prihvatljiva. Ključna je projektna odluka izbor kote uspora HE Andrijevo, u kombinaciji sa HE Dubravica ili bez nje, a ostali objekti se tada logično uklapaju u to rješenje, u kombinaciji varijanata 1 i 2, sa pokazateljima koji su dati u tabelama 7 i 8.

## 5. INTEGRALNA RJEŠENJA U GORNJEM SLIVU DRINE

U slivu Drine se nalaze najznačajniji potencijali Crne Gore, ali i potencijali nizvodnih država – Srbije i BiH, čiji se najveći neiskorišćeni potencijali nalaze u srednjem i donjem toku Drine. Zbog toga se sva tehnička rješenja, posebno ona koja su vezana za izmjenu vodnih režima, moraju donijeti usaglašeno, dogovorima zainteresovanih državnih subjekata. Tu su i najveći problemi oko izbora tehničkih rješenja. Dosadašnje odsustvo dogovora o načinu korišćenja voda Tare, potpuno je onemogućilo iskorišćenje veoma vrijednih potencijala najvećeg dijela sliva Drine. Grube analize pokazuju da je takva odluka donijeta prije 3-4 decenije, kada su započete jalove diskusije o načinu korišćenja voda gornjeg sliva Drine, postrojenja koja bi tada bila izgrađena isplatila bi se višestruko (vrijeme vraćanja kapitala za neka od njih su bila 5-6 godina), što bi stvorili ekonomsku bazu za adaptaciju rješenja, na način koji bi bio prihvatljiv za sve učesnike u takvom dogovoru. Zbog toga se ovde ti problemi posebno razmatraju, u pokušaju da se predlože solucije koje bi predstavljale platformu za konačni dogovor o načinu rješavanja korišćenja sliva Drine.

Šema jedne logične varijante, koja omogućava prevazilaženje nekih oprečnih zahtijeva koji se postavljaju pri definisanju strukture ciljeva, prikazana je na sl. 1. Na Pivi, Tari i Čehotini moguća je realizacija najvećih akumulacionih hidroelektrana, koje bi imale izvanredan energetski, ali i vodoprivredni značaj, jer bi omogućile popravljavanje vodnih režima na čitavom toku Drine. Svi planirani objekti imaju izvanredne proizvodne i ekonomske pokazatelje. Najznačajniji objekti koji spadaju u kategoriju najvrednijih ekonomski iskoristivih potencijala Evrope su:

(a) HE Buk Bijela (3, na sl. 1), snage  $3 \times 150 = 450$  MW, proizvodnje oko  $3 \times 380 = 1.140$  GWh/god, zapremine akumulacije oko  $410 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. HE Buk Bijela, najvažnije čeonno postrojenje u slivu Drine, nalazi se u Republici Srpskoj, sa dijelom uspora koji se duž sastavnica Pive i Tare prenosi u Crnu Goru, tako da predstavlja i objekat koji jednim dijelom pripada i sistemu Crne Gore (jedan agregat, odnosno 1/3 potencijala, zbog čega su snaga i energija prikazani u tri dijela).

(b) HE Komarnica na Komarnici (2 na sl. 1), na kraju uspora postojeće HE Piva, snage oko 160 MW, proizvodnje oko 250 GWh/god, korisne zapremine 220 hm<sup>3</sup>, čiji se uspor prenosi do Šavnika. Položaj Šavnika je uslovio kotu uspora, jer je moglo da se realizuje znatno veće i vrijednije postrojenje.

Kao što je već rečeno, hidroenergetsko rješenje u kanjonu Morače najvećim dijelom je determinisano. Njegovu okosnicu čini kaskada hidroelektrana Andrijevo, Raslovići, Milunovići i Zlatica, snage oko 240 MW, proizvodnje preko 700 GWh/god, sa čeonom akumulacijom „Andrijevo” (8, na sl. 1), koja reguliše vode za nizvodne tri stepenice. U slici Morače planira se i više manjih HE na pritokama. Energetske performanse sistema na Morači veoma su značajne i u varijanti 2, koja je već opisana, po kojoj se umjesto akumulacione HE Andrijevo (250 hm<sup>3</sup>) predviđaju dvije akumulacije: akumulaciona HE Andrijevo – niža (8) i HE „Dubravica” (9), ukupne zapremine oko 200 hm<sup>3</sup>, koje su povoljnije sa gledišta uklapanja u ekološko, kulturološko, saobraćajno i drugo okruženje. Imajući u vidu dosadašnja iskustva sa uticajem javnosti na izbor tehničkih rješenja, ne isključuje se mogućnost da je ta druga varijanta, sa znatno manjim usporom u zonu manastira „Morača”, realnija sa gledišta mogućnosti realizacije.

Činjenica da između rijeka Morače i Tare, uzvodno od Kolašina, postoji denivelacija od oko 650 m, na rastojanju od samo oko 5 km (vidjeti crtkastu vezu na šemi), dala je davno, prije oko pet decenija, ideju da se ta prirodna koncentracija pada iskoristi za realizaciju velike HE „Koštаница” (označena sa 7), snage oko 550÷600 MW, proizvodnje oko 1.100 GWh/god. Realizacija te visokovredne HE podrazumijeva da se prevodi dio voda Tare u Moraču (razmatrane su varijante prevođenja od 15 i 22 m<sup>3</sup>/s). Prevođenje se ostvaruje iz akumulacije „Žuti krš” (6 na šemi), koja se može realizovati kao veći objekat, zapremine oko 200 hm<sup>3</sup> (sa kotom uspora 1000 mm), ili kao nešto niži objekat (NU = 980 mm), koji, u tom slučaju zajedno sa uzvodnom akumulacijom „Mateševo” (dopunska akumulacija



Sl. 1. Jedna varijanta korišćenja gornjeg sliva Drine sa prevođenjem dijela vode Tare u Moraču

te podvarijante), obezbjeđuje približno istu korisnu zapreminu jezera. Na tab. 9 prikazani su, radi okvirne orijentacije, parametri RHE Koštanica, u režimu kada u prvoj fazi radi kao klasična HE, sa uvođenjem u sistem i dijela voda iz postrojenja Bakovića klisura, tako da je ukupan protok koji se energetske koristi na HE Koštanica 22,2 m<sup>3</sup>/s. Razmatra se varijanta: Kota NU na akumulaciji Žuti Krš 1000 mm, NU na Andrijevu 285 mm. To je jedna od varijanti, te bi se optimizacija parametara tog sistema obavila nakon postignutog dogovora o strategiji korišćenja voda na potezu Tara – Morača. Tada bi se razmotrila i eventualna mogućnost povećanja instalisane snage na oko 600 MW, što bi HE Koštanica svrstalo među najvrednije vršne hidroelektrane u čitavom EES jugoistočne Evrope.

Tabela 9. Pokazatelji objekata RHE Koštanica, u I fazi kada radi kao klasična HE

Naziv HE	Tip HE	Deriv. (km)	$Q_{sr}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{inst}$ (m <sup>3</sup> /s)	$H_b$ (m)	$H_n$ (m)	$N_i$ (MW)	$E_{god}$ GWh/g	$V_k$ hm <sup>3</sup>	KNU mnm
Koštanica	Deriv.	7,7	16,62	22,2	708	692,6	552	1145	198	1000
Dubravica	Pum.	–	25,53	16,4	- 69	- 71	16	- 45,4	7	932
Σ Koštanica								1100		

Jalove rasprave sa zalaganjem za prevođenje i protiv njega – traju više od četiri decenije. Da je objekat odmah izgrađen, do sada bi sebe nekoliko puta isplatio, omogućavajući, novčanom akumulacijom i organizacionim ustrojstvom na slivu, da se uveliko iskoriste i ostali vodni potencijali Drine. Sažeto, razlozi „za prevođenje” svode se na izuzetne energetske i ekonomske performanse HE Koštanice, ključnog objekta prevođenja, u uslovima kada se prevodi samo oko 5% od ukupnog bilansa voda na donjem toku Drine. Pristalice ideje o prevođenju ističu realnu činjenicu da se nepovoljni efekti prevođenja najvećim dijelom mogu neutralisati poboljšanjem vodnih režima spregnutim djelovanjem novih čeonih akumulacija u slivu Drine, koje bi bile dio jedinstvenog energetske-vodoprivrednog sistema. Razlozi „protiv” svode se na zahtjev da se očuvaju neporemećeni vodni bilansi u prirodnom toku Drine, zbog eventualnih vodoprivrednih potreba u budućnosti.

U pokušaju da se iznađe platforma za dogovor o toj elektrani evropskog značaja, B. Đorđević je tokom izrade Vodoprivredne osnove Crne Gore (1984.) predložio koncepciju sa mogućom faznom gradnjom

tog postrojenja. Predložena je dispoziciona koncepcija reverzibilne HE (RHE) sa šemom od četiri mašine (posebno turbina i generator, a posebno pumpa i motor), koja bi se u prvoj fazi realizovala kao klasična hidroelektrana, u podzemnoj izvedbi. U okviru projekta predviđjala bi se mogućnost dogradnje posebne podzemne hale za smještaj pumpnih agregata. Zbog obaveznosti dubljeg potapanja pumpnih agregata moguća je vrlo racionalna šema, tako što bi se vertikalnim šahtom sa montažnog prostora silazilo na montažni prostor u hali sa pumpnim agregatima, koja bi bila smaknuto postavljena ispod proizvodne hale sa generatorima.

U nekom nedefinisanom vremenu (to sigurno neće biti potrebno bar tri decenije), ukoliko to postane neophodno zbog porasta zahvatanja vode iz toka Drine za vodoprivredne korisnike, na HE Koštanica dogradila bi se podzemna hala sa pumpnim agregatima, čime bi se to do tada klasično postrojenje pretvorilo u reverzibilnu hidroelektranu. Time bi se vodni bilansi Tare i Drine ponovo vratili u prirodno stanje, ali uz *znatno bolje vodne režime*, zbog regulisanja protoka u čeonim akumulacijama. U periodu dok elektrana radi kao klasično postrojenje, nepovoljni efekti prevođenja vrlo uspješno se mogu kompenzirati sa više akumulacija na Tari, Komarnici, Čehorini i pritokama Lima, dodatne zapremine od preko milijardu m<sup>3</sup>. Te akumulacije bi prihvatale poplavne talase i taj veliki dio vodnog bilansa, koji inače protiče u kratkotrajnim povodnjima, nanoseći velike štete u dolini Drine, prebacivale bi u malovodne periode, poboljšavajući vodne režime na čitavom toku Drine. Time bi se ostvario i izuzetno važan vodoprivredni cilj: regulisanje vodnih režima na toku Drine, što je preduslov za njeno korišćenje za navodnjavanje i druge vodoprivredne potrebe.

Kao što je posebno naglašeno, korišćenje Tare moguće je samo ukoliko se valjano riješe problemi njene ekološke zaštite. Radi se o jedinstvenom, zaštićenom kanjonskom nacionalnom parku, koji nije samo pod formalnom zaštitom UNESKA, već se zbog svoje ekološke vrijednosti nalazi i pod najbrižljivijom lupom svjetske javnosti. Po mišljenju autora, najveće izglede za realizaciju ima varijanta prikazane na sl. 1, koja bi ostavila u prirodnom stanju potez Tare nizvodno od pritoke Ljutice, tj. na čitavom potezu koji se sada koristi za splavarenje. Na tom potezu bi se sprovodile i posebne mjere zaštite, aktivnim mjerama u gornjem dijelu sliva (poboljšanje režima malih voda u toplom dijelu godine, upravljanje temperaturnim i kiseoničnim režimom, kako bi se stvorili najpovoljniji uslovi u kanjonu za ekološku i turističku valorizaciju).

U toj varijanti, koja se može nazvati i *varijantom ekološki usmjerenog korišćenja Tare*, rješenje leži u kaskadnom sistemu HE uzvodno od

zaštićenog dijela kanjona, sa dvije ili tri veće akumulacije (npr. varijanta sa hidroelektranama „Opasanica”, „Žuti krš”, „Bakovića klisura”, „Trebajjevo”, „Ljutica”, vidjeti tab. 3), ukupne korisne zapremine preko 570 hm<sup>3</sup>. Najnizvodniji od tih objekata, HE Ljutica snage 210 MW (oznaka 5 na šemi), u čitavom toplom dijelu godine bila bi isključivo u funkciji održavanja najpovoljnijih uslova ekosistema u zaštićenom dijelu kanjona. Tada se akumulacija ne bi energetske koristila, ne bi bila čak ni u ulozi rezerve EES, pošto bi to bilo nespojivo sa turizmom u nizvodnom kanjonu. Iz te akumulacije garantovani protok bi se u toplom dijelu godine ispuštao isključivo preko selektivnog vodozahvata. Takav zahvat omogućava da se voda ispušta na više mjesta po dubini akumulacije, ili sa same površine, što znači, iz onog temperaturnog sloja koji je ekološki u tom momentu najpovoljniji, kako bi se zaštićen kanjon mogao što uspješnije da koristi za turizam (splavarenje, izletnički turizam, sportski ribolov, itd). Temperaturnim režimima rijeke Tare bi se upravljalo u skladu sa potrebama nizvodnih biocenoza. Time bi se na najbolji način ne samo sačuvala, već i unapredile ekološke odlike tog prirodnog rariteta, jer bi se tokom ljeta i u malovodnom dijelu godine namjenskim ispuštanjem vode iz akumulacija mogli da ostvare veći protoci no što bi bili u prirodnom stanju, ukoliko je to potrebno iz ekoloških i turističkih razloga. Slikovito, ali sasvim tačno, lice koga bi sada uslovno nazvali „glavnim ekološkim inspektorom kanjona”, moglo bi nakon „jutarnjeg raporta” (da se izrazimo figurativno) šefova nadležnih službi (npr. na osnovu zahtjeva glavnog ihtiologa i šefa službe splavarenja) da akumulaciji „Ljutica” naloži koje količine vode iz kog temperaturnog sloja treba da ispušta tog dana, imajući u vidu ekološke i turističke potrebe u zaštićenom kanjonu. To podrazumijeva i mogućnost da se u periodu mrijesta riba temperature vode povećavaju u skladu sa potrebama ubrzanijeg razvoja riblje mladice. Upravljanje temperaturnim i kiseoničnim režimima rijeke Tare u zoni zaštićenog kanjona, u skladu sa potrebama biocenoza, imalo bi veoma blagotvorno dejstvo na taj unikalni ekosistem.

Čehotina se može najumjersnije koristiti sa dvije akumulacione hidroelektrane: „Gradac” (85 hm<sup>3</sup>) i „Milovci” (386 hm<sup>3</sup>). One se na najbolji način uklapaju u kompleksno rješenje čitavog gornjeg sliva Drine, jer se regulacijom protoka u njihovim velikim korisnim zapreminama akumulacija poboljšavaju uslovi rada svih nizvodnih hidroelektrana na Drini. HE Milovci (oznaka 11 na šemi) ima poseban značaj, zbog svoje velike korisne zapremine, tako da je jedan od ključnih objekata u slivu Drine.



Ukoliko se spor oko korišćenja voda Tare i Morače razmatra sa kibernetičkog stanovišta, tj. ukoliko se krene od logičnog početka – od ciljnih struktura – može se uočiti da je problem sasvim iracionalizovan. Ako se definišu strateški ciljevi Crne Gore, sa jedne strane, i Srbije i Republike Srpske, sa druge strane, ako se analiziraju hidrološki podaci, posebno o malim vodama na donjoj Drini – i ako se planer distancira od predrasuda, jasno se vidi mogućnost rješenja. Ključni ciljevi se mogu definisati najsažetije.

– Strateški ciljevi Crne Gore:

(a) *Maksimalno i racionalno iskorišćenje hidroenergetskog potencijala slivova Tare i Morače.* Ovaj cilj rezultat je poznate činjenice da je Crna Gora u ozbiljnom elektroenergetskom položaju, ne samo sada, već i dugoročno gledano, te da je njen strateški interes da na što potpuniji i racionalniji način koristi svoje hidroenergetske potencijale – obnovljiv i ekološki čist energetske resurs.

(b) *Obezbjedivanje HE visokih intalisanih snaga,* da bi u razmjeni energije sa Srbijom i ostalim okolnim EES, kojima su takve HE neophodne, obezbjedila što povoljnije energetske i ekonomske uslove razmjene (dobijanje više bazne energije za isporučenu vršnu energiju, kao i energetske vrednovanje izuzetno važnog posla održavanja odgovarajuće rotirajuće rezerve i rezerve u pripravnosti EES).

(c) *Potpuno očuvanje zaštićenog dijela kanjona Tare* za još intenzivniju turističku valorizaciju. Radovi u gornjem toku sliva Tare ne smiju da ugroze ekološke uslove na toj rijeci i ciljeve njene zaštite i turističke valorizacije.

(d) *Stvaranje najboljih uslova za urbanizaciju naselja u gornjem toku rijeke Tare.* Rješenje treba da omogući što povoljnije uslove za razvoj Mojkovca, Kolašina i drugih naselja u gornjem dijelu toka Tare, prije svega sa stanovišta njihovog najskladnijeg urbanog povezivanja sa budućim akvatorijama u okolini.

– Strateški interesi Srbije i Republike Srpske:

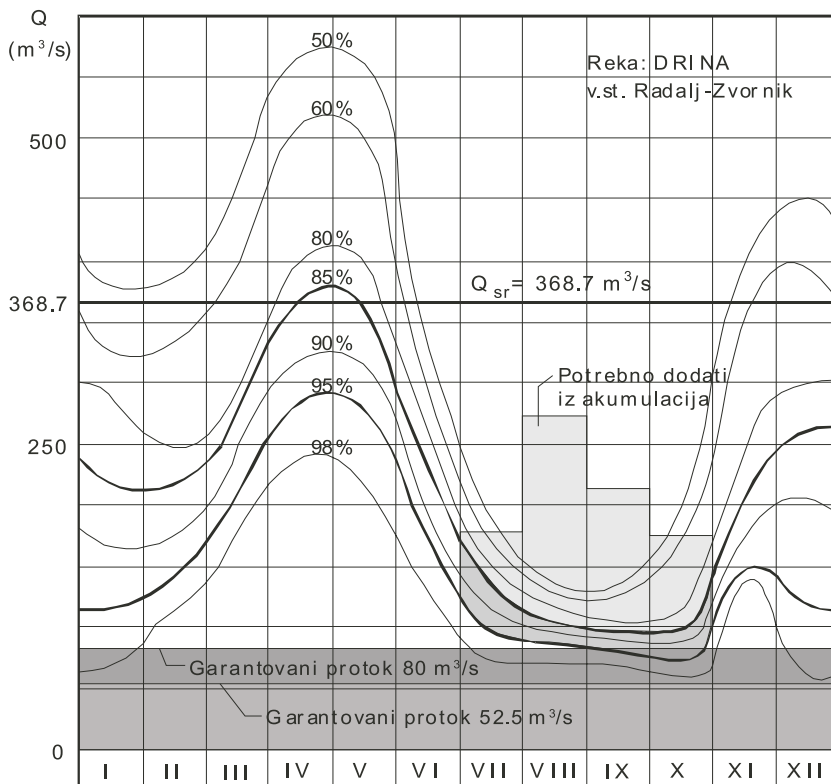
(a) *Poboljšanje režima malih voda na srednjem i donjem toku Drine* – strateški je cilj prvog reda. Na slici 2 (Dorđević, B. 1999) jasno se vidi da se u periodu malih voda, koje se poklapaju sa vegetacionim periodom (jul – oktobar) moraju vrlo značajno povećavati protoci malih voda, što se može uraditi samo regulisanjem protoka u akumulacijama u gornjem slivu Drine.

(b) *Ublažavanje talasa velikih voda* na donjem toku Drine. Sadašnji režimi velikih voda su veoma nepovoljni, sa povodnjima koji izazivaju

velike štete, te je potrebno njihovo uređenje retenzionim djelovanjem akumulacija.

(c) *Stvaranje uslova za racionalno hidroenergetsko iskorišćenje srednje i donje Drine i Lima.* Uređenje vodnih režima, sa prebacivanjem protoka iz perioda povodnja u periode malih voda, obezbjeđuje energetske povoljnije korišćenje nizvodne kaskade hidroelektrana.

(d) *Povećavanje snage hidroelektrana koje mogu da djeluju kao regulaciona i operativna rezerva u elektroenergetskom sistemu (EES) Srbije.* Sa povećanjem udjela termo snage i proizvodnje u EES Srbije, posebno sa realizacijom velikih jediničnih termo blokova, raste „glad” za visokomobilnim operativnim rezervama sistema – hidroelektranama, koje bi kao regulaciona rezerva i rezerva u pripravnosti djelovale u okviru jedinstvenog EES Srbije i Crne Gore. Pošto su u Srbiji dosta sužene mogućnosti za realizaciju takvih visokovrednih, akumulacionih HE, postoji neosporni interes da se one realizuju tamo gdje je to najpogodnije u okviru zajedničkog sistema obje republike.



Sl. 2. Vodni režimi i deficiti na donjem toku Drine.

Ukoliko se pođe od ovih nespornih strateških ciljeva uzvodnih i nizvodnih entiteta, jasno je da se rješenje niti može niti smije tražiti davanjem apsolutne važnosti prosječnim protocima (što je, nažalost, bio dosadašnji način rezovanja, jer oni nisu bitni sa gledišta dugoročnih interesa nizvodnih područja u priobalju Drine. Slikovito: ne treba insistirati po svaku cijenu na tih oko 20 m<sup>3</sup>/s u prosječnom bilansu od oko 400 m<sup>3</sup>/s na donjoj Drini (oko 5% od prosječnog protoka donje Drine), kada u tom prosječnom bilansu veliku stavku, u nekim godinama čak preko 40%, čine protoci velikih voda koji se ne mogu ni energetski ni vodoprivredno iskoristiti, već se od njih treba braniti! Ukoliko se to shvati kao ključna činjenica za odlučivanje, onda se rješenje lako može naći u *istovremenoj odluci o integralnom sistemu u gornjem slivu Drine*, koje zadovoljava grupe strateških ciljeva obje republike. To bi bio sistem sa prevođenjem Tare u Moraču (objekat HE Koštanica), ali uz kompenzaciju koja bi se svodila na realizaciju čeonih akumulacija na Tari, Limu, Komarnici i Čehotini, čija bi sumarna zapremina (oko 1,3×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) omogućavala da se ostvare planirane potrošnje na nizvodnom području, u nedefinisanim vremenskim presjecima u budućnosti. Taj sporazum bi trebalo da podrazumijeva i obavezu čvrste normativne zaštite prostora za realizaciju tih akumulacija odgovarajućim prostornim planovima, dogovor u upravljačkim režimima korišćenja, kao i utvrđivanje modaliteta koji bi pružali pravnu sigurnost svim zainteresovanim stranama. Objekat HE Koštanica treba tako projektovati da je izvodljivo, ako to zatreba u nekom nedefinisanim periodu u budućnosti, da se dopuni sa pumpnim agregatima. Drugim riječima, dispozicija mašinske zgrade HE Koštanica trebalo da je tako riješena da omogućava dogradnju hale za pumpne agregate. To je psihološki vrlo bitno, da nizvodni subjekti odlučivanja znaju da je moguće, u nekom dalekom vremenskom presjeku, ugradnjom pumpnih agregata i prelaskom na reverzibilan rad – uspostaviti sadašnji prirodni prosječni bilans voda na rijeci Tari, uz poboljšanje vodnih režima zbog djelovanja akumulacija.

Posebno važno je pitanje režima rada čeonih akumulacija. Pošto je jedan od njihovih prioritarnih zadataka da poprave vodne režime sa gledišta potreba nizvodnog sistema, rješenje se može tražiti i u skladu sa principima na kojima sada funkcioniše HE „Piva”: njima se upravlja u skladu sa potrebama nizvodnih sistema, pod potpuno jasno definisanim uslovima i ograničenjima, dok uzvodni sistem iz mješovitog EES dobija energiju, pravično vrednovanu sa gledišta razlike u kvalitetu bazne i

vršne energije, uz odgovarajuće vrednovanje i značaja akumulacionih hidroelektrana u ulozi operativne rezerve EES.

Svako odlaganje donošenja odluke odlaže i normativnu zaštitu prostora koji su nužni za realizaciju akumulacija, što je veoma opasno, jer nekontrolisana izgradnja rječnih dolina može da sasvim onemogući kasniju gradnju navedenih akumulacija.

Predložena strategija korišćenja voda Tare i Morače, sa prevođenjem dijela voda Tare u Moraču preko HE Koštanica, čija bi se realizacija planirala u okviru dvije faze, praćena sistemom čeonih akumulacija kojima bi se neutralisali nepovoljni efekti na toku Drine u periodu prevođenja dijela voda Tare – miri interese svih zainteresovanih entiteta na Drini. Crna Gora dobija visokovrijedne hidroelektrane, čije energetske performanse po vršnoj snazi i operativnim mogućnostima prevazilaze potrebe njenog EES, te ih može veoma povoljno iskoristiti za energetske razmjene sa susjedima (visokovrijedna vršna energija, za više bazne energije iz termoelektrana). Nizvodne države, Srbija i BiH, dobijaju uređene vodne režime, djelovanjem čeonih akumulacija, čija prihvatanje za realizaciju mora da ide „u paketu” tog dogovora, sa znatno povećanim malim vodama, što je bitno za vodoprivredno, ali i hidroenergetsko korišćenje. Ukoliko vodni bilansi to budu zahtijevali, u nekom udaljenom vremenskom presjeku (izvjesno je da se to neće desiti za tridesetak godina), ponovo se može uspostaviti prirodno stanje dograđivanjem pumpnih agregata u HE Koštanica, čime bi se to postrojenje pretvorilo u takođe veoma vrijednu reverzibilnu hidroelektranu. Analize pokazuju da bi se HE Koštanica nekoliko puta isplatila pre nego što dođe vrijeme za njenu takvu rekonstrukciju.

## 6. HIDROENERGETIKA – NAJRACIONALNIJI OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE

Nesumnjivo je da će se zbog sve zaoštrenijih globalnih ekoloških problema planete i zbog ubrzanog iscrpljivanja neobnovljivih vidova energije, prije svega fosilnih goriva, ubuduće sve više koristiti obnovljivi izvori energije. Zato je potrebno da se sagleda mjesto hidroenergije među ostalim obnovljivim izvorima.

Da bi se sagledalo pravo mjesto hidroenergije među ostalim obnovljivim izvorima, urađena je analiza energetske dohodovnosti pojedinih obnovljivih izvora. Đorđević, B. (2001) uradio je egzaktnu analizu, koja se zasniva na razmatranju tri pokazatelja (detaljnije u [3]).

1. *Vrijeme vraćanja primarne energije utrošene za građenje.* Taj pokazatelj definiše vrijeme, izraženo u godinama, za koje elektrana, odnosno investiciona mjera štednje energije, vrati primarnu energiju koja je utrošena za njenu realizaciju. Taj pokazatelj je veoma indikativan, jer ukoliko su vrlo dugački periodi vraćanja utrošene energije, to jasno pokazuje da sa dugoročnog strateškog energetskeg stanovišta nema smisla graditi takva postrojenja. Vrijeme vraćanja utrošene primarne energije (UPE) definiše se kao  $\theta_v$ , gde je DE – dobijena energija ima energetski ekvivalent uštedene primarne energije, koja se dobije korišćenjem uređaja za konverziju nekog vida obnovljive energije:

$$\theta_v = \text{UPE} / \text{DE} \text{ [J : J/god = god]}$$

Okvirne analize pokazuju da se po ovom pokazatelju  $\theta_v$  najbrže vraća energija utrošena za izgradnju većih termoelektrana i gasnih elektrana, kod kojih je  $\theta_v$  oko godinu dana. Slijede hidroelektrane racionalnih pribranskih tipova, kod kojih je taj pokazatelj  $\theta_v$  oko 1,5 ÷ 2 godine. Izrazito su dohodovne i nuklearne elektrane, kod koji je  $\theta_v$  oko dvije godine. Po tom pokazatelju znatno su nepovoljnija neka postrojenja za korišćenje tzv. obnovljive energije. Zbog velike rasutosti energije većine obnovljivih izvora neizbježni su vrlo visoki specifični trošci materijala po jedinici raspoložive snage, odnosno proizvedene energije, tako da za takva postrojenja pokazatelj  $\theta_v$  najčešće iznosi više od 10 godina. Neki vidovi konverzije tzv. obnovljive energije toliko su „skupi” sa stanovišta tog pokazatelja, da tokom čitavog vijeka eksploatacije neka takva postrojenja ne mogu da vrata primarnu energiju koja je utrošena za njihovu izgradnju.

2. *Vrijeme vraćanja energije za izgradnju i održavanje.* Imajući u vidu činjenicu da se u sisteme za proizvodnju energije mora stalno da unosi energija za održavanje, koja je različita za pojedine vidove konverzije i vrste uređaja, kao i da se nepovratno troši prostor kao resurs za proizvodnju obnovljive bioenergije, uveden se nov pokazatelj – vrijeme vraćanja energije utrošene za izgradnju i održavanje postrojenja, kao i izgubljene energije zbog zaposijedanja produktivnog prostora. Pokazatelj  $\theta_1$  vremena vraćanja utrošene energije može se definisati odnosom ukupne primarne energije za građenje, održavanje i eksploataciju (UPE<sub>1</sub>) i uštedene primarne energije (DE):

$$\theta_1 = \text{UPE}_1 / \text{DE} \quad [\text{J} : \text{J/god} = \text{god}]$$

Taj pokazatelj još objektivnije kvantificira energetske svrsishodnost korišćenja pojedinih vrsta obnovljive energije. On je još nepovoljniji od prethodnog za niz obnovljivih energija, imajući u vidu velike specifične utroške energije, koji nastaju zbog njihove velike rasutosti.

*3. Indeks strateškog prioriteta izvora energije i/ili investicionih mjera štednje.* Da bi se analitički definisala i razgraničila dugoročna strateška valjanost i prioritetnost korišćenja pojedinih obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, i/ili investicionih mjera za štednju potrošnje (dogradnja termičkih izolacija zgrada, veća ulaganja u tzv. solarnu arhitekturu itd.), uvodi se indeks strateškog prioriteta (ISP) izvora energije ili mjere štednje:

$$\text{ISP} = \text{DE} / \text{UUE}$$

Od novih oznaka, ovde je: UUE – ukupna utrošena energija za proizvodnju uređaja, eksploataciju i održavanja tokom čitavog perioda korišćenja. Ovde DE ima šire tumačenje i predstavlja ukupni energetske ekvivalent uštede energije korišćenjem uređaja za proizvodnju energije, ili primjenom investicionih mjera za uštedu potrošnje energije.

Indeks ISP je bezdimenzionalna veličina, koja može da bude veća ili manja od 1. U slučaju kada je  $\text{ISP} > 1$  očito je da se radi o izvoru energije ili mjeri racionalizacije potrošnje koji ima neospornu dugoročnu stratešku valjanost, jer je energetske prihod veći od sume svih rashoda – potrošenih primarnih energija. U toj kategoriji mogu se naći samo koncentrisani obnovljivi izvori energije, i neke energetske efikasne investicione mjere štednje. Jasno je da veći dugoročni strateški prioritet imaju oni izvori energije i one mjere štednje koji imaju veći indeks ISP, tako da se kriterijum za ocjenu dugoročne strateške valjanosti pri izboru energetske izvora ili mjera štednje, u slučaju više mogućih opcija, može formalizovati u obliku:

$$\text{ISP} \rightarrow \max$$

Vrijednost indeksa  $\text{ISP} < 1$  imaju svi izvori neobnovljive energije, ali i neki izvori obnovljive energije, koji zbog velike rasutosti zahtijevaju velike specifične utroške materijala po jedinici proizvedene energije.

Ukoliko je  $ISP < 1$ , takav energetska izvor, čak i ako je u pitanju konverzija obnovljive energije, ne može da nosi atribut „obnovljosti”, jer se za njegovu izradu i održavanje utroši više energije no što on može da proizvede u procesu eksploatacije. Ukoliko se analiziraju investicione mjere za racionalizaciju potrošnje, ako je indeks  $ISP < 1$ , sasvim je očito da takva mjera nema energetskaog smisla, jer se više primarne energije izgubi za njeno sprovođenje no što će se energije uštedjeti tokom čitavog perioda eksploatacije.

Analize pokazuju (vidjeti [3]) da najviši rang u kategoriji strateški najvrijednijih izvora i mjera, onih koji imaju  $ISP > 1$ , ima mjera štednje energije primjenom termičke izolacije zgrada. Te mjere su posebno efikasne ukoliko se izvedu odmah, tokom građenja, mada su i mjere sanacije već izgrađenih nedovoljno termički zaštićenih zgrada energetska vrlo efikasne. To će se ilustrovati mjerenjima koja pokazuju da kuća stambene površine  $100 \text{ m}^2$ , klasično građena od opeke, bez toplotne izolacije, koja se grije na  $20^\circ\text{C}$  dok je napolju  $0^\circ\text{C}$ , pri brzini vjetera od  $50 \text{ km/h}$ , ima toplotne gubitke ekvivalentne snazi od  $12 \text{ kW}$ . Ukoliko se izvede toplotna izolacija zidova, poda i tavana, gubljenje toplote se smanjuje na samo oko  $6 \text{ kW}$ , uz mogućnost dodatnog smanjenja gubitaka ukoliko se klasično zastakljivanje zamijeni tzv. vakuum-staklom, sa boljim britvljenjem pri zatvaranju svih otvora. Mjerenja u Njemačkoj pokazuju da ako se običnom zidu od opeke doda izolacija, sa vazdušnim međuprostorom koji se formira zidom od fasadne opeke, specifični utrošak za grijanje po  $1 \text{ m}^2$  smanjuje sa oko  $14,8 \text{ l}$  loživog ulja na samo oko  $4,2 \text{ l}$  (smanjenje oko  $3,5$  puta!). Uračunavši sve energetske utroške za proizvodnju izolacionih i drugih dodatnih materijala, dobijaju se vrijednosti  $ISP > 7\div 10$ , pri čemu je posebno relevantna činjenica da je korišćenje te mjere vrlo dugotrajno (računato je sa  $50$  godina, ali poznato je da kuće traju i duže). Bez obzira na izvanrednu energetska dohodovnost, ta mjera se još uvijek malo sprovodi zbog: većih početnih investicija, neadekvatno vrjednovane (još uvek jeftine) energije i – zbog tradicionalizma. Međutim, u novije vrijeme neke zemlje (u tome prednjači Kanada) uvele su obavezu i normative za termičko opremanje zgrada, što već počinje da daje željene efekte.

Na drugom mjestu na listi strateški najvaljanijih, zajednički vrjednovanih energetskih izvora i mjera štednje, prema indeksu  $ISP$ , nalaze se hidroelektrane raznih tipova, kod kojih je indeks  $ISP$ , po pravilu, veći od  $5$ . To hidroelektrane ubjedljivo stavlja na prvo mjesto izvora energije, sa gledišta dugoročnih strateških prioriteta. One su znatno ispred svih drugih obnovljivih izvora.

Elektrane koje troše neobnovljive primarne resurse (ugalj, gas, tečna goriva, itd.) imaju indeks ISP < 1. Naravno, to ne znači da takve izvore energije ne treba graditi, jer se bez njih ne mogu zatvoriti energetski bilansi u najvećem broju zemalja. Međutim, indeks ISP kvantificira jednu logičnu činjenicu da je jedina razumna dugoročna politika jedne zemlje – da se najpre forsira korišćenje onih izvora energije i onih mjera štednje čiji je indeks ISP najveći, *kako bi se što više usporio utrošak neobnovljivih primarnih energenata*. Iz tog ugla treba razmatrati i logičan zahtjev da se forsira izgradnja hidroelektrana, onih koje nasumnjivo spadaju u kategoriju ekonomski najvrjednijeg iskoristivog hidropotencijala, jer se njima usporava trošenje fosilnih goriva.

## ZAKLJUČAK

1. Crna Gora raspolaže hidroenergetskim potencijalom koji spada u sam svjetski vrh po ekonomičnosti i po pogodnosti uklapanja u ekološko i socijalno okruženje, kao i po indeksu strateškog prioriteta za korišćenje (ISP).

2. Od oko 9,8 TWh/god linijskog hidropotencijala na većim vodotocima, oko 5,5÷6,1 TWh/god već se nalazi, ili će se uskoro nalaziti u kategoriji ekonomski iskoristivog potencijala. Pošto se energetske potrebe za električnom energijom oko 2021. godine procjenjuju na oko 6,9 TWh/god, Crna Gora spada u grupu zemalja koje su u stanju da veći dio svojih potreba za električnom energijom zadovolje iz hidroenergetskih izvora, što joj daje izvanredne komparativne prednosti na evropskom energetsom tržištu.

3. Što brže aktiviranje hidroenergetskih potencijala strateški je interes Crne Gore. Da bi se hidroenergetski potencijali mogli nesmetano koristiti u budućnosti, neophodna je njihova normativna zaštita, odgovarajućim prostornim planovima nacionalnog značaja, kao i planovima prostora posebnih namjena. To je neophodno uraditi što prije, kako bi se ti potencijali sačuvali od obezvrjeđivanja neplanskom urbanizacijom i spuštanjem infrastrukturnih sadržaja u zone u kojima će ometati i/ili poskupljivati iskorišćenje vodnih potencijala.

4. Objekti hidroelektrana se adekvatnim mjerama mogu vrlo uspješno uklopiti u ekološko i socijalno okruženje. Realizacijom odgovarajućih dispozicija objekata, kao i adekvatnim upravljanjem, koje kao prioritetne ima i kriterijume poboljšavanja ekoloških stanja, mogu se ostvariti značajna poboljšanja ekoloških faktora na rijekama (povećanje pro-



toka u malovodnim periodima, ostvarivanje najpoželjnijih temperaturnih i kiseoničnih režima, znatno smanjivanje velikih voda u periodima povodnja itd.).

5. Hidroenergetskim rješenjima se kanjon Tare na kojem se obavlja splavarenje ne samo da ne ugrožava, već se dirigovanim dispečingom uzvodnih i nizvodnih postrojenja omogućava da se ekološkim stanjima u kanjonu u toplom dijelu godine upravlja isključivo prema zahtjevima ekološke i turističke valorizacije čitavog tog dijela rječnog toka. Realizacija planiranog sistema bi omogućila da se stvori vjerovatno najatraktivnija evropska turistička destinacija, koja bi obuhvatala splavarenje na Tari na cijeloj sadašnjoj ruti do Šćepan Polja, a zatim plovidbu brodićima duž akumulacija na Pivi i Komarnici, sve do Šavnika, sa zaokruživanjem te ture na Durmitoru.

6. Izgradnja hidroelektrana se veoma uspješno uklapa u mjere integralnog uređenja prostora, urbanizacije naselja, i znatno uspješnije turističke valorizacije voda, vodotoka i planinskih područja. Veoma je bitna strateška odrednica da se takvom izgradnjom, koja povlači i odgovarajuće privredne i infrastrukturne objekte, kao i objekte tercijarnih djelatnosti, prije svega u domenu turizma – stvaraju uslovi da se na planinskim područjima zadrže ljudi, jer im se omogućava privređivanje i odlična komunikacijska povezanost sa gradskim centrima.

I napokon, konačni zaključak:

Iskorišćenje hidroenergetskih potencijala – najveća je razvojna šansa Crne Gore. To je njena najefikasnija „lokomotiva razvoja” za socijalni, ekonomski i svekoliki drugi napredak sada nerazvijenih planinskih područja.

## LITERATURA

1. Đorđević B. (2001): Hidroenergetsko korišćenje voda, Građevinski fakultet, Beograd
2. Đorđević B. (2001): Hidroenergetski potencijali Jugoslavije, Vodoprivredna 1-6, st. 93
3. Đorđević B. (2001): Prilog objektivnijem vrednovanju obnovljivih energija, I deo, Elektroprivreda, 4, str. 3-13
4. Šaranović M. (1998): Razvoj energetike. U: Mogućnosti tehnološkog razvoja privrede Crne Gore, CANU, Podgorica, str. 47-68.
5. Šaranović M. (2003): Energetski potencijali Crne Gore. U: Vrijeme i progres, CANU, Podgorica, str. 99-107.
6. Vodoprivredna osnova Republike Crne Gore, 2001.
7. Vodoprivredna osnova Crnomorskog sliva Crne Gore, 1984.

