

Univerzitet u Beogradu



Akadske – master studije
Menadžment poslovnih performansi

Savremene metode finansiranja hidroelektrana

-Master rad-

Mentor:
Prof. dr Slađana Benković

Student:
Ognjan Sretović

Beograd
2012

Komisija koja je pregledala rad kandidata Ognjana Sretovića, diplomiranog ekonomiste, pod naslovom *Savremene metode finansiranja hidroelektrana*:

Mentor:

Prof. dr Slađana Benković,
vanredni profesor Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu

Članovi komisije:

Doc. dr Nikola Makojević,
docent Ekonomskog fakulteta Univerziteta u Kragujevcu

Prof. dr Nataša Petrović,
vanredni profesor Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu

Biografija

Ime i prezime: Ognjan Sretović

Datum rođenja: 29.07.1987.

Mesto rođenja: Kraljevo, Srbija

Mesto stanovanja: Beograd, Srbija

Radno iskustvo:

- Od januara 2012 – Elektroprivreda Srbije, Direkcija za strategiju i investicije, Beograd, Srbija;

Osnovno obrazovanje:

- Od oktobra 2011, Master studije „Menadžment poslovnih performansi“, Univerzitet u Beogradu i TEMPUS program;
- 2006 – 2011, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, smer „Trgovinski menadžment i marketing“, prosečna ocena tokom studija 8,38;
- 2002 – 2006, Matematička Gimnazija u Kraljevu;
- 1994 – 2002, Osnovna škola „IV kraljevački bataljon“;

Dodatno obrazovanje:

- Novembar – Decembar 2009, Kurs španskog jezika u školi „*Solexico*“, Plaja del Karmen, Kintana Ro, Meksiko;
- 2007 – 2009, Kurs španskog jezika u „*Instituto Cervantes*“, Beograd, Srbija;
- Jul – Avgust 2007, Kreativna radionica „*H2Ollanda*“ sa temom zaštite zemlje od voda, Utreht, Holandija;
- Mart – April 2005, Kreativna radionica o multikulturalnosti, „*PESTALOZZI foundation*“, Sent Galen, Švajcarska;
- 2001 – 2003, Kurs engleskog jezika u školi „*Beatović*“, Kraljevo, Srbija;

Znanje jezika:

- Srpski jezik: maternji;
- Engleski jezik: odlično;
- Španski jezik: odlično;
- Nemački jezik: osnovno;

Znanje rada na računaru:

- MS office
- Internet

Interesovanja:

- Svetska istorija i geografija
- Snoubording

Sadržaj

Spisak korišćenih akronima	4
Spisak korišćenih slika, tabela i grafikona	5
1. Uvod	6
2. Elektroenergetski sistem i uloga hidroelektrana u njemu	8
3. Hidroelektrane u svetu	12
3.1. <i>Istorijski razvoj hidroelektrana</i>	12
3.2. <i>Trenutno stanje u svetu</i>	17
3.3. <i>Prednosti i nedostaci hidroenergije</i>	19
4. Razvoj hidroelektrana u Srbiji	23
5. Ekonomske karakteristike hidroelektrana	32
5.1. <i>Apsolutni i relativni pokazatelji ekonomske isplativosti izgradnje hidroelektrana</i>	33
5.2. <i>Cena električne energije kao faktor planiranja</i>	36
5.3. <i>Godišnji troškovi rada hidroelektrane</i>	41
6. Modaliteti finansiranja hidroelektrana	46
6.1. <i>Javno – privatna partnerstva</i>	48
6.2. <i>Izvori finansiranja</i>	52
6.3. <i>Model finansiranja u Turskoj</i>	56
6.4. <i>Model finansiranja u Brazilu</i>	61
6.5. <i>Stanje u Srbiji</i>	69
7. Zaključak	75
Literatura	77

Spisak korišćenih akronima

AG – Akcionarsko Društvo (nemački)

EPS – Elektroprivreda Srbije

EU – Evropska Unija

FNRJ – Federativna Narodna Republika Jugoslavija

GmbH – Društvo sa ograničenom odgovornošću (nemački)

GWh – Gigavat Čas

HE – Hidroelektrana

Hz – Herc

KS – Konjska Snaga

kV – Kilovolt

kW – Kilovat

kWh – Kilovat Čas

MW – Megavat

NR – Narodna Republika

OECD – Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj

PD – Privredno Društvo

RHE – Reverzibilna Hidroelektrana

SAD – Sjedinjene Američke Države

SpA – Akcionarsko Društvo (italijanski)

TE – Termoelektrana

TWh – Teravat Čas

USD – Američki Dolar

V – Volt

Spisak korišćenih slika, tabela i grafikona

Slika 1: Prva hidroelektrana na svetu, Eplton (Viskonsin, SAD), *str. 15*

Slika 2: Huverova brana (Arizona/Nevada, SAD), *str. 16*

Slika 3: Hidroelektrana "Tri klisure", NR Kina, *str. 18*

Slika 4: Mlazevi na ispustima hidroelektrane "Tri klisure", NR Kina, *str. 21*

Slika 5: Profesor Đorđe Stanojević, *str. 24*

Slika 6: Hidroelektrana "Pod gradom", Užice, *str. 25*

Slika 7: Hidroelektrana "Đerdap 1", *str. 29*

Slika 8: Zaovinsko jezero na Tari, *str. 30*

Slika 9: Hidroelektrana Birečik, Turska, *str. 58*

Slika 10: Hidroelektrana Gilman Amorim, Brazil, *str. 65*

Slika 11: 3D model planirane hidroelektrane Belo Monte, Brazil, *str. 68*

Slika 12: Prikaz planiranih 10 hidroelektrana na Ibru, *str. 71*

Slika 13: Dolina reke Ibar sa pogledom na tvrđavu Maglič, *str. 74*

Tabela 1: Države sa najvećim hidrokapacitetima u svetu, *str. 17*

Tabela 2: Države sa najvećim učešćem hidroenergije u nacionalnoj proizvodnji energije, *str. 18*

Tabela 3: Lista 5 hidroelektrana sa najvećim instalisanim kapacitetom na svetu, *str. 19*

Tabela 4: Lista svih hidroelektrana u Srbiji koje posluju u okviru EPS-a, *str. 31*

Tabela 5: Rokovi i godišnje stope amortizacije za pojedine delove hidroelektrane, *str. 40*

Tabela 6: Odnos termocentrala i hidrocentrala prema različitim kriterijumima za donošenje odluka, *str. 48*

Tabela 7: Pregled svih hidroelektrana polazeći iz pravca Kraljeva ka Raškoj (uz Ibar), *str. 72*

Grafikon 1: Kretanje cene koštanja električne energije u zavisnosti od broja časova rada, u slučaju hidro i termoelektrana, *str. 42*

Grafikon 2: Raspored neiskorišćenog hidropotencijala po delovima sveta, *str. 47*

1. Uvod

Nafta, uglj i prirodni gas su tri osnovna izvora energije na kojima se zasniva globalna ekonomija. Osim potpune zavisnosti, njihovo korišćenje izaziva ozbiljno zagađenje životne sredine, čije se posledice već mogu osetiti na planeti.

Čovečanstvu je neophodno da smanji svoju zavisnost od fosilnih goriva, prvenstveno svoju zavisnost od uglja. Potrebno je usavršiti tehnologije kojima može da se smanji ranjivost u pogledu nedostatka energije. Orijentacija na iskorišćenje energije vetra, sunca, talasa i hidroenergije postala je neminovnost. Pojedine države, kao što su Nemačka, Danska ili Norveška, daleko su odmakle u pogledu korišćenja obnovljivih izvora energije. Takva transformacija energetskeg sektora nije jednostavna i zahteva mnogo ulaganja. Za sada jedini obnovljivi izvor energije, koji je u isto vreme i ekonomski opravdan, predstavlja hidroenergija. Mada iako skupa, svi će biti prinuđeni da počnu da koriste obnovljive izvore energije. Rezerve nafte, gasa i uglja su ograničene. Još uvek je mnogo zemalja potpuno zavisno od uglja u pogledu proizvodnje električne energije, a njegove količine se veoma brzo smanjuju. Nemačka konsultantska firma za energetiku Enerdži Voč (*Energy Watch*) je na osnovu dobijenih podataka od proizvođača uglja ustanovila da se rezerve ne povećavaju, a da je potrošnja iz godine u godinu sve veća. Oni su izračunali da bi proizvodnja uglja mogla dostići vrhunac već 2025, što postavlja pitanje smisla daljih ulaganja u termoelektrane na uglj. Jedino što pored obnovljivih izvora može osigurati dugoročnu sigurnost u proizvodnji električne energije, jesu novi načini upotrebe nuklearne energije.

Od sredine pa sve do poslednje decenije dvadesetog veka, energetskeg sektor je bio pod strogom kontrolom vlada država. Jedna od glavnih briga po okončanju Drugog svetskog rata, bila je sigurnost snabdevanja energijom. Svi elektroenergetski objekti kao što su elektrane, razvodna postrojenja, prenosna i distributivna mreža finansirani su javnim sredstvima. Formirana su jaka državna preduzeća koja su upravljala čitavim sistemom. Ta preduzeća, delimično transformisana, i dalje igraju ključnu ulogu u energetskeg sektoru svake države.

Tek krajem dvadesetog veka dolazi do blagog upliva privatnog kapitala u elektroenergetski sektor. Privatna preduzeća se teško odlučuju da ulože novac u energetske objekte zbog relativno visokog rizika i dugačkog perioda povraćaja sredstava. Ovo se posebno odnosi na hidroelektrane. One su po mnogo čemu specifične i retki su slučajevi da su izgrađene isključivo na inicijativu privatnih kompanija i iz privatnih izvora sredstava. U prošlosti, svi veliki projekti realizovani su od strane državnih kompanija, a danas najprisutniji oblik predstavljaju forme javno-privatnih partnerstava. Naravno, podrška državnih organa i državnih energetske preduzeća je apsolutno neophodna.

U daljem radu biće prikazan istorijski razvoj hidroelektrana kako u svetu tako i kod nas. Detaljnije će se objasniti značaj hidroenergije uopšte i značaj koji hidroelektrane imaju kao elementi elektroenergetskog sistema jedne države. Pored toga, biće pojašnjene osnovne ekonomske karakteristike ovog tipa elektrana i na kraju će se objasniti savremene metode finansiranja hidroenergetskih objekata. Analiza će krenuti od uspešnih primera u svetu i doći će do situacije u našoj zemlji gde su savremene metode finansiranja još uvek u povoju.

2. Elektroenergetski sistem i uloga hidroelektrana u njemu

Električna energija je jedno od ključnih dobara savremene ekonomije i civilizacije. Priroda električne energije je takva da ponuda i tražnja za istom, moraju biti u konstantnoj fizičkoj ravnoteži. Do urušavanja elektroenergetskog sistema dolazi u relativno kratkom vremenskom periodu, ako tražnja nadmaši ponudu i *vice versa*. Pad sistema može voditi ka ozbiljnim ekonomskim problemima, ako brzo ne dođe do ponovnog uspostavljanja ravnoteže. Ne računajući zemlje trećeg sveta koje imaju veoma loše elektroenergetske sisteme, do kratkotrajnih zamračenja dolazilo je i u SAD-u, Kanadi i zemljama Evropske Unije. Takvi kratki padovi sistema ne dovode do ozbiljnih ekonomskih problema, već više do određenih neprijatnosti. Posle čuvenog „*blackout*” koji se dogodio u SAD-u, kada je ceo severoistok zemlje ostao bez struje, primećene su i neke zanimljive posledice. Devet meseci posle velikog nestanka struje, u Njujorku je rođeno neuobičajeno mnogo beba.¹

Za razumevanje elektroenergetskog sistema, važno je poznavanje prostornog rasporeda ponude i tražnje. Prenosna i distributivna mreža služe da sprovedu električnu energiju od generatora do krajnjeg potrošača. U prenosu električne energije postoje izvesni gubici u obliku toplote. Fizički zakoni upravljaju tokovima unutar mreže i gubicima energije. Električna energija koja stiže do malih potrošača ima karakteristični napon (220 - 240 V u Evropi, 110 - 130 V u SAD-u) i frekvenciju merenu u Hercima ($50 \pm 0,1\text{Hz}$ u Evropi, 60 Hz u SAD-u) koja važi za naizmeničnu struju.² Električna energija se meri kao trenutna snaga u kilovatima (kW) i kao količina električne energije tokom perioda vremena u kilovat časovima (kWh). Operator sistema³ uglavnom obezbeđuje dugoročnu i konstantnu ravnotežu koja se nalazi u sistemu. Operator sistema trebalo bi da bude nezavisan od strane proizvođača električne energije i njenih kupaca. Normalan postupak je da se

¹Førsund F.R: *Hydropower Economics*, Springer Science+Business Media LLC, New York, New York, USA, 2007; str. 8

²Førsund F.R: *Hydropower Economics*, Springer Science+Business Media LLC, New York, New York, USA, 2007; str. 9

³U Srbiji, ulogu operatora sistema ima Javno preduzeće „Elektromreža Srbije“ koje je izdvojeno iz sastava EPS-a 2005. godine. Do tada, EMS je funkcionisao u sastavu EPS-a pod imenom „Elektroistok“.

zahtevana tražnja zadovolji, a to može biti iz različitih izvora (domaće proizvodnje ili iz uvoza).

Pošto je tražnja za električnom energijom neravnomerna i ne postoji mogućnost skladištenja energije, pojedinačna izolovana područja teško mogu da se snabdevaju energijom iz pojedinačnih elektrana. U tim slučajevima elektrane bi vrlo često radile pod veoma nepovoljnim i neekonomičnim uslovima. Iz tog razloga, postoji potreba da elektrane budu uključene u okvire jedinstvenog elektroenergetskog sistema. Kombinovanje termoelektrana i hidroelektrana različitih tipova i kapaciteta, daje poseban kvalitet elektroenergetskom sistemu. Takav sistem može fleksibilnije i brže da se prilagođava promenama tražnje.

Kao što je već napomenuto, kada se ponuda i tražnja ne nalaze u balansu, dolazi da pada sistema. Ravnotežu je neophodno uspostaviti što je pre moguće, a da bi se to postiglo, važno je da u sistemu postoje visoko mobilne elektrane. Takve elektrane imaju mogućnost da u najkraćem mogućem periodu uspostave ravnotežu između snage koju traži konzum i one koja se proizvodi u elektranama. Najpogodnije elektrane za tu svrhu jesu hidroelektrane i one su te koje uspostavljaju stabilizaciju u elektroenergetskom sistemu.

Potrošnja električne energije je prilično neujednačena tokom godine, nedelje, dana pa i jednog sata. Postoje određene pravilnosti u kretanju potrošnje, ali isto tako postoje i neočekivani iznenadni skokovi i padovi u potrošnji (povratak ljudi sa posla, poluvreme u važnoj utakmici, TV serija itd). U takvim okolnostima, za održanje sistema, važno je da postoje visokomanevarske elektrane koje mogu da prime puno opterećenje u kratkom vremenskom periodu. Hidroelektrane su u stanju da iz mirovanja pređu u rad i sinhronizuju se na mrežu za nekoliko desetina sekundi. U tom pogledu su mnogo povoljnije od termoelektrana.⁴

⁴Đorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 40

Električna energija je najplemenitiji oblik energije jer se jedino ona može transformisati u sva četiri korisna oblika energije (mehaničku, toplotnu, hemijsku i svetlosnu energiju). Zbog toga je racionalna upotreba električne energije bitan preduslov za razvoj elektroenergetskog sistema. To se posebno odnosi na određivanje vršnog opterećenja i optimalne dimenzionisanosti kapaciteta.

Elektroenergetski sistemi su veoma skupi sistemi, pa se s toga racionalnost u njihovom razvoju svodi na racionalnost investicione politike. Podizanje produktivnosti sistema kasnije, kada su veliki kapaciteti već završeni, nije od velikog značaja. Da bi se normalno planirao dalji razvoj elektroenergetskog sistema, potrebno je da cena u sebi sadrži i deo troškova proširene reprodukcije. Hidroelektrane⁵ imaju dominantne fiksne troškove i cena energije koju one prave niža je i manje osetljiva na turbulencije na tržištu energenata. Baš zbog toga, hidrocentrale se najbolje uklapaju u različite koncepcije razvoja elektroenergetskog sistema.

Proizvedena električna energija koja se isporučuje u sistem, i dalje do krajnjih potrošača, mora da ispunjava određene uslove. Potrošačima je neophodno obezbediti dovoljne količine energije za normalnu proizvodnju, rad i razvoj. Nedovoljne količine energije dovode do velikih problema u privrednom i društvenom funkcionisanju jedne države. Do potrošača je važno da stiže kvalitetna električna energija tj. energija sa karakterističnim vrednostima učestanosti i napona. Te vrednosti se moraju kretati u dozvoljenim granicama, koje su izrečene na početku ovog dela. Osim toga, elektroenergetski sistem mora sigurno da funkcioniše. Pod sigurnim funkcionisanjem⁶ podrazumeva se da objekti zadovoljavajuće rade u svakom trenutku, da neće otkazati tokom rada i da će ispuniti sve svoje zadatke. Stabilnost sistema zavisi od svega ovde navedenog. Hidroelektrane, kao objekti elektroenergetskog sistema, su veoma sigurne. Posmatrajući čitav sistem, neophodno je da troškovi proizvodnje, prenosa i distribucije električne energije budu što niži. Tome najviše doprinose hidroelektrane različitih tipova zato što proizvode najjeftiniju energiju i zato što svojim fleksibilnim radom omogućavaju

⁵Đorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 39

⁶Đorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 41

termoelektranama da funkcionišu u ekonomski najpovoljnijim režimima. Ukratko, dobro isplanirana i realizovana hidroelektrana ne može da bude investicioni promašaj u bilo kakvom konceptu razvoja elektroenergetskog sistema. Uvođenje hidroelektrane bilo kog tipa u sistem, doprinosi jačanju ekonomske stabilnosti istog.

3. Hidroelektrane u svetu

Danas postoje četiri primarna izvora koja se koriste za proizvodnju električne energije. Prva dva se odnose na fosilna goriva kao što su ugalj i prirodni gas, koji sagorevaju i pokreću turbine i dalje u tom procesu generatore. Takođe u pojedinim zemljama⁷, kao što su Francuska i Japan, veoma zastupljene su nuklearne centrale koje za proizvodnju električne energije koriste nuklearno gorivo. Poslednji primarni izvor jeste snaga rečnog toka, koja se koristi u poslednjih 150 godina. Njen značaj se vremenom menjao i u većoj ili manjoj meri se koristila za proizvodnju električne energije. Neke zemlje, kao što su Norveška i Brazil, i dan danas najveći deo električne energije dobijaju iz hidroelektrana. Smatra se da se u ovom trenutku oko 20% svetske tražnje za električnom energijom zadovoljava energijom proizvedenom u hidroelektranama.⁸

Pod hidroenergijom se podrazumeva ona energija koja se dobija radom hidroelektrana. Proizvodnja električne energije javlja se kao rezultat pada i proticaja vode kroz turbine koje su postavljene u centralama. Ovo je danas najrasprostranjeniji oblik iskorišćavanja obnovljivih izvora energije, mada i tu postoje izvesna sporenja među stručnjacima, da li je reč o obnovljivom izvoru ili ne. Hidroelektrane se nalaze u 150 zemalja širom sveta dok je najveći proizvođač hidroenergije Kina, sa godišnjom proizvodnjom od preko 750 TWh⁹.

3.1. Istorijski razvoj hidroelektrana

Razvitak hidroelektrana ne može se posmatrati odvojeno od razvoja vodnih turbina koje su od ključnog značaja za rad hidrocentrala.

⁷Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 10, 30, 5

⁸Head C: *The Financing of Water Infrastructure A Review of Case Studies*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2006; str. str. 75

⁹U 2010.godini Kina je proizvela 721 TWh električne energije iz hidroelektrana. U 2012.puštena je u rad najveća hidrocentrala na planeti „Tri klisure“ i učešće hidroenergije je značajno povećano.

Godine 1750. prvi put se javlja reakciono vodeno kolo¹⁰, koje je konstruisao Johan Andreas Zegner (*Johann Andreas Segner*), i koje je nazvano turbina. Voda je ulazila sa gornje strane u cilindar, koji može da rotira oko središnje osovine, a izlazila je iz njega kroz četiri mlaznice. U isto vreme, teorijski eksperimenti na mehanici reakcionih točkova, koje su sprovodili švajcarski matematičari Leonard Ojler (*Leonhard Euler*) i njegov sin Albert, našli su praktičnu primenu tek nekih 75 godina kasnije. 1826. godine Francuz Žan-Vektor Ponsla (*Jean-Victor Poncelet*) izneo je ideju o unutar-protočnoj radijalnoj turbini¹¹ koja predstavlja direktnu preteču savremenih vodnih turbina. Ova mašina bila je potpuno zatvorena i imala je vertikalnu osovinu i klizač sa zakrivljenim lopaticama. Voda je radijalno ulazila unutra i ispuštala se ispod osovine.

Slična mašina je patentirana u SAD-u 1838. od strane Semjuela Houda (*Samuel Howd*), a nešto kasnije je krenula i da se proizvodi. Njegov dizajn je unapredio Džejms Frensis (*James Bicheno Francis*), koji je uveo stacionarne lopatice i oblikovao sečiva tako da voda može da ulazi u turbinu ne izazivajući nikakve potrese. Ovakva turbina koja je danas poznata kao Frensisova¹² i dalje se najviše upotrebljava u praksi. Poboljšanu verziju ovakve turbine predložio je Džejms Tomson (*James Thomson*), škotski inženjer, koji je uveo uparene i obrnuto zakrivljene lopatice kako bi se obezbedio odgovarajući protok i u situacijama kada ne postoji puno opterećenje.

Frensisova turbina je unapređena razvojem Peltonovog točka (1889), koji je služio za male protoke i visoke pritiske. Danas ovaj tip turbine ima veliki značaj u hidroenergetici i nosi naziv Peltonova turbina.¹³

Dalji razvoj turbina posebno su podstakli pronalasci Nikole Tesle krajem devetnaestog veka. Zbog nemogućnosti prenosa energije na daljinu, elektrane su

¹⁰Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 370

¹¹Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 371

¹²<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)

¹³Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 371

uglavnom građene uz neposredne potrošače. Potreba za velikim instalisanim snagama, u to vreme nije postojala. Do 1893. godine sve elektrane koje su izgrađene imale su snagu do 450 kW. Pronalasci Nikole Tesle na poljima prenosa velikih snaga i naizmeničnih struja, omogućili su dalji razvoj turbina. Na izgrađenoj hidroelektrani na Nijagarinim vodopadima, snaga jedne turbine je povećana kroz nekoliko godina blizu deset puta (sa 450 kW na 4.000 kW).¹⁴

Razvoj turbina se ubrzano nastavlja i početkom dvadesetog veka. Najveći značaj imao je pronalazak Čeha Viktora Kaplana, koji je umesto turbine sa nepokretnim lopaticama predložio sistem sa pokretnim lopaticama. Prvu propelernu turbinu izradio je sam, 1913. godine. Razvojem propelernih turbina omogućen je rad hidroelektrana gde postoje veliki protoci sa malim padovima. Kaplanova propelerna turbina za promenljivi nagib, koja i danas nosi njegovo ime, proizvodi se od 1920. godine.¹⁵

Prethodno opisani modeli (Frensisova, Peltonova i Kaplanova), zajedno sa Derijazovom turbinom za mešoviti protok, koja je konstruisana 1956. godine, čine arsenal savremenih vodnih turbina.¹⁶

Od sredine devetnaestog veka vodne turbine se u velikoj meri upotrebljavaju za pokretanje mlinova, strugara i opreme u tkačkim radionicama. Sistemi su uglavnom bili veoma složeni i sastojali se iz mnogo zupčanika, vratila i koturova. U prvo vreme elektrifikacije, parne mašine i sistemi koji su koristili fosilna goriva dominantno su služili za proizvodnju električne energije. Tek po konstruisanju generatora kojeg može da pokreće vodna turbina, počinje da raste značaj hidroelektrana.

Prva hidrocentrala¹⁷ napravljena je 1882. godine u mestu Eplton (*Appleton*) u državi Viskonsin u SAD-u. To je samo tri godine pošto je Tomas Edison (*Thomas Edison*)

¹⁴Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 372

¹⁵<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)

¹⁶<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)

¹⁷http://www1.eere.energy.gov/water/hydro_history.html (avgust 2012)

izumeo sijalicu. Električna energija koja je dobijena iz ove centrale snage 12,5 kW korišćena je za osvetljenje jedne kuće i dve radionice za proizvodnju hartije.



Slika 1: Prva hidroelektrana na svetu, Eplton (Viskonsin, SAD)¹⁸

U godinama koje su nadolazile razvoj hidroelektrana išao je veoma brzo. Ipak, sve do 1910. godine većina postojećih hidroelektrana imalo je kapacitet od nekoliko stotina do nekoliko hiljada kilovata. Elektrane sa instalisanim kapacitetom većim od 100 MW nisu postojale do tridesetih godina dvadesetog veka. Jedna od prvih velikih hidroelektrana¹⁹ bila je izgrađena na reci Kolorado između država Nevada i Arizona u SAD-u. Brana u koju su postavljene turbine i generatori dobila je naziv Huverova brana (*Hoover Dam*). Elektrana je počela sa radom 1936. godine i imala je 17 Frensisovih turbina kapaciteta 40.000 do 130.000 kW snage i dve Peltonove turbine, svake sa po 3.000 kW snage.

Prva reverzibilna elektrana²⁰ kapaciteta 1.500 kW napravljena je u Šafhauzenu (*Schaffhausen*) u Švajcarskoj 1909. godine.²¹ Ova elektrana koristila je odvojene

¹⁸<http://everything-everywhere.com/2008/09/27/daily-travel-photo-appleton-wisconsin-x/> (septembar 2012)

¹⁹<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)

²⁰Reverzibilna hidroelektrana je tip elektrane gde se voda upumpava u jezero i zatim se ta voda iz jezera koristi za pokretanje turbina u hidroelektrani. U našoj zemlji postoji jedna elektrana oavkvog tipa, RHE Bajina Bašta.

²¹<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)

pumpe i turbine i tako je činila jedan ogroman i jedva ekonomski isplativ sistem. Dvadeset godina kasnije, u SAD-u je napravljena prva elektrana tog tipa na Stenovitoj reci (*Rocky River*) u državi Konektikat. Ona je takođe bila marginalno ekonomski opravdana. Prvi ozbiljniji radovi na izgradnji reverzibilnih hidroelektrana krenuli su sredinom pedesetih godina dvadesetog veka. Ovakvi zahvati bili su pokrenuti uspehom i isplativošću koju je imala reverzibila, koja je izgrađena u državi Kolorado 1954. godine, sa instalisanim kapacitetom od 9 MW.



Slika 2: Huverova brana (Arizona/Nevada, SAD)²²

U visoko industrijalizovanim zemljama kao što su SAD i zemlje zapadne Evrope, najveći procenat rečnog potencijala je već iskorišćen. Pored toga, ekološki problemi koji se vezuju za uticaj velikih brana na rečni tok i na živi svet u njemu, idu u prilog tome da u budućnosti neće biti izgrađeni novi veliki kapaciteti u ovim državama. Naravno, ne treba zaboraviti neke od najvećih privreda današnjice, kao što su Kina i Brazil, koje intenzivno pristupaju izgradnji ogromnih hidroelektrana. Njihova svest o životnoj sredini je minimalna, a zahtevi za energijom neograničeni.

²²<http://committed4drms.wordpress.com/2011/04/05/engineering-marvel-the-hoover-dam/> (septembar 2012)

Od četrdesetih do sedamdesetih godina dvadesetog veka najveći broj malih hidroelektrana²³ bio je ugašen zato što su troškovi održavanja i nadzora bili previsoki. Ovakve elektrane bile su neisplative u poređenju sa elektranama koje su koristile fosilna goriva za svoj pogon. 1973. godine došlo je naglog rasta cena fosilnih goriva na svetskom tržištu. Povećanje troškova rada termoelektrana i postojanje potrebe za sistemima za navodnjavanje i zaštitu od poplava, dovelo je do ponovnog interesovanja za hidroelektrane.

Kao što je već ranije napomenuto, veliki procenat hidropotencijala u SAD-u i zapadnoj Evropi je već iskorišćen. Sa druge strane postoje rečni baseni koji su u potpunosti neiskorišćeni. Procenjuje se da je u zemljama u razvoju danas iskorišćeno oko 20% ukupnog hidropotencijala. Buduće velike elektrane biće građene na rekama u regionima Sibira, Indije, Kine, Južne Amerike itd.²⁴

3.2. Trenutno stanje u svetu

Što se tiče rasprostranjenosti hidrocentrala u svetu, može se konstatovati da je ona prilično ujednačena. Afrika možda predstavlja jedini izuzetak koji je u priličnom zaostatku u odnosu na ostatak sveta, uopšte u oblasti energetike. Prvo će biti prikazano stanje hidroenergetike u, sa ovog aspekta, najznačajnijim državama sveta.

Tabela 1: Države sa najvećim hidrokapacitetima u svetu²⁵

	Instalisani kapaciteti (MW)
NR Kina	196.790
Kanada	88.974
Sjedinjene Američke Države	79.511
Brazil	69.080
Rusija	45.000

²³Pod malim hidroelektranama ovde se podrazumevaju one sa instalisanom snagom manjom od 1 MW. U Srbiji se danas HE klasifikuje kao mala, ako ima instalisanu snagu manju od 10 MW.

²⁴Head C: *A Fresh Start: Prospects for Financing Hydropower in Developing Countries*, UN Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, PR China, 2004; str. 4, 5

²⁵Global Power Review (2011), *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA;

Tabela 2: Države sa najvećim učešćem hidroenergije u nacionalnoj proizvodnji energije²⁶

	Učešće hidroenergije u nacionalnoj proizvodnji električne energije
Norveška	99%
Brazil	85%
Venecuela	69%
Kanada	61%
Švedska	44%



Slika 3: Hidroelektrana „Tri klisure“, NR Kina²⁷

²⁶Global Power Review (2011), *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA;

²⁷<http://www.project-resourceblog.co.uk/2010/11/10/greatest-feats-of-engineering-part-3-the-three-gorges-dam/> (septembar 2012)

Bitan je i osvrt na pregled ne možda najznačajnijih, ali sigurno najvećih hidroelektrana na planeti koje trenutno funkcionišu.

Tabela 3: Lista 5 hidroelektrana sa najvećim instalisanim kapacitetom na svetu²⁸

Naziv	Država	Godina puštanja u rad	Instalisani kapacitet (MW)	Reka
„Tri klisure“	NR Kina	2012.	22.500	Jangcekjang
„Itajpu“	Brazil,Paragvaj	1984/1991/2003.	14.000	Parana
„Guru“	Venecuela	1986.	10.200	Karoni
„Tukurui“	Brazil	1984.	8.370	Tokantis
„Veliki potok“	SAD	1942/1980.	6.809	Kolumbija

3.3. Prednosti i nedostaci hidroenergije

Kao što je već ranije rečeno, postojanje hidroelektrana je od neprocenjivog značaja za funkcionisanje i stabilnost elektroenergetskog sistema jedne države. Najbolja situacija postoji onda kada se električna energija proizvodi u svim tipovima elektrana. Hidroenergija se razlikuje od ostalih izvora energije po mnogo čemu, pa će sada biti ukratko predstavljene njene osnovne prednosti i nedostaci²⁹.

Kao prvo, hidroenergija spada u obnovljive izvore. Iako postoje izvesna sporenja oko toga da li jeste ili nije, moje mišljenje je da je treba svrstati u obnovljive izvore. To pre svega što se takav izvor energije ne može potrošiti. Mada, iako se energija vode ne može potrošiti, postoji ograničen i ne tako veliki broj mesta koja su pogodna za izgradnju hidroelektrana. Još je manji broj mesta na kojima je ekonomski isplativa izgradnja tih istih elektrana. Da bi se realizovao jedan projekat ovakvog tipa, potrebno je da se poklopi dosta kockica.

²⁸<http://www.greenworldinvestor.com/2011/03/29/list-of-worlds-largest-hydroelectricity-plants-and-countries-china-leading-in-building-hydroelectric-stations/> (avgust 2012)

²⁹<http://energyinformative.org/hydroelectric-energy-pros-and-cons/> (avgust 2012)

Električna energija koja se proizvodi u hidrocentralama mogla bi da se predstavi kao „zelena“, jer njena proizvodnja ne izaziva zagađenje životne sredine. Jedina zagađenja koja se vezuju za hidroelektrane, jesu ona do kojih dolazi tokom izgradnje iste. U ovakvim centralama nema nikakvog sagorevanja ili isparenja, a jedino što je potrebno jeste proticaj vode. Iz ovog razloga, električna energija koja se proizvodi u hidroelektranama mogla bi da se isporučuje po subvencionisanim cenama.

Hidroenergija je veoma pouzdan izvor za dobijanje električne energije. Ne postoje velike fluktuacije u proizvodnji, osim u situacijama kada se traži manja proizvodnja od standardne. To se dešava onda kada su vode velike, a tražnja za energijom mala. U takvim slučajevima se, ako je moguće, brane zatvaraju i voda se čuva za dane kada je potrošnja energije veća. Prilagođavanje proticaja i količine proizvedene električne energije je poprilično jednostavno. Zemlje sa velikim hidropotencijalom biraju ovaj vid proizvodnje energije kao svoju energetska osnovu.

Poredeći sa termoelektranama i nuklearnim elektranama, rad hidrocentrala je prilično bezbedan. Činjenica da u proces proizvodnje nije uključeno nikakvo gorivo, govori o bezbednosti ovog tipa elektrana. Jedina opasnost koja postoji je ta da u slučaju lošeg održavanja brane može doći do njenog slabljenja i dalje do urušavanja iste.

Pored svega navedenog, u slučaju hidroelektrana postoje i izvesne slabosti. Te slabosti odnose se na uticaj na životnu sredinu, visoku cenu izgradnje, probleme koji postoje u sušnim godinama i na ograničenost raspoloživih lokacija za izgradnju.

Objekat hidrocentrale je takav da nije moguće ne ostvariti nikakav uticaj na okruženje. Izgradnja brane utiče na rečni tok, potpuno menjajući karakter reke. Kao primer je moguće navesti reku Čerčil u Kanadi, koja je potpuno prestala da postoji kao reka i pretvorena je u niz veštačkih jezera. Pored brane, izgradnjom pristupnih saobraćajnica i razvodnih postrojenja i dalekovoda, vrši se uticaj na okruženje. Nekada se nije, ali u novije vreme se sve više vodi računa o posledicama koje hidroelektrane stvaraju na biljni i životinjski svet u rekama. U slučaju manjih hidroelektrana, planiraju se riblje staze kojima živi svet može nesmetano da se kreće. Ipak, stvaranjem velikih veštačkih jezera, priroda i karakteristike samog

ekosistema se drastično menjaju. Brzina rečnog toka, količina kiseonika i naslage mulja iz korena menjaju biljni i životinjski svet. Nekada pogodna mesta za život, na primer pastrmke ili lipljana, postaju životna sredina za smuđa, soma i njima slične vrste riba.



Slika 4: Mlazevi na ispustima hidroelektrane „Tri klisure“, NR Kina³⁰

Troškovi izgradnje svake elektrane su veoma visoki. Tako ni izgradnja hidroelektrane ne odstupa od tog pravila. Generalno se svaki poduhvat ovakvog tipa finansira iz kredita, a ne iz sopstvenih sredstava. U nastavku će biti obrazloženi razlozi za ovakav način finansiranja. Za razliku od drugih tipova elektrana, hidrocentrale imaju tokom svog rada niže troškove poslovanja. Gorivo za pokretanje turbina nije potrebno i broj neophodnih radnika je dosta manji nego u drugim elektranama.

Rad hidroelektrane direktno zavisi od proticaja i pada vode. Ninašta od ovoga ljudi ne mogu imati uticaj, što znači da proizvodnja električne energije u hidroelektranama dosta zavisi od hidroloških prilika. Svedoci smo ovog leta da već mesecima nema nikakvih padavina i da vlada velika suša. Nivoi reka su pali ispod istorijskih minimuma, a neke manje reke su i potpuno presušile. Takvo stanje može se nazvati ekološkom katastrofom jer veliki broj biljaka i životinja ostaje bez svog staništa. Proizvodnja u hidroelektranama je na minimumu, jer jednostavno nema više iz čega da se proizvodi električna energija. Ovakva leta nisu česta, ali treba se zapitati da li

³⁰<http://photo.chinahighlights.com/yangtze/three-gorges-dam/three-gorges-dam1.htm> (avgust 2012)

će ih biti više u budućnosti i šta je uzrok tome. U ovakvim uslovima hidroelektrane su potpuno bezvredne.

U tradicionalno razvijenim zemljama, najveći deo hidropotencijala je već iskorišćen. Slobodnog prostora je ostalo na rekama u Aziji, Južnoj Americi i Africi. Trenutno je na celom svetu u procesu izgradnje tridesetak velikih hidroelektrana. Pod velikim se podrazumevaju elektrane sa instalisanim kapacitetom većim od 2.000 MW. Ipak, u poslednjih par godina samo su dve ovakve velike hidrocentrale puštene u rad. Iz ovoga se vidi da prostora nema dovoljno i da ovakvi projekti zahtevaju mnogo vremena, rada i sredstava.

4. Razvoj hidroelektrana u Srbiji

Razvoj energetike u Srbiji krenuo je uporedo sa razvojem u najnaprednijim zemljama sveta toga vremena. Kraj devetnaestog i početak dvadesetog veka vezuje se za intenzivna ulaganja u izgradnju električnih centrala. Vodni potencijali Srbije su odmah prepoznati i izgradnja hidroelektrana počela je u svim krajevima tadašnje kraljevine.

16. juna 1889. godine, u okviru obeležavanja petstote godišnjice od bitke na Kosovu, Kralj Aleksandar je položio kamen temeljac nove barutane "Obilićevo" kod Kruševca³¹. U okviru barutane planirana je i izgradnja prve hidrocentrale. Za projektovanje i izgradnju barutane i hidrocentrale bio je angažovan inženjer Todor-Toša Selesković, iz Vojnotehničkog zavoda u Kragujevcu.

Prostor barutane zauzimao je površinu od oko 60 hektara i tu je izgrađeno 33 objekta. Tri kilometra uzvodno uz reku Rasinu napravljena je brana.³² Na tom mestu, voda je korišćena za pokretanje tri turbine koje su izrađene u Vojnotehničkom zavodu u Kragujevcu. Najveća od tri turbine nazvana je "Momčilo" i bila je ponos konstruktora. Već 1891.godine, barutana kao i hidrocentrala puštene su u rad.³³ Za uspešno obavljen posao, inženjer Selesković je odlikovan Takovskim krstom trećeg stepena³⁴. Hidrocentrala u Obilicévu se smatra prvom u Srbiji i posle nje je usledila izgradnja na rekama širom zemlje.

Pod utiskom uvedenog električnog osvetljenja u Beogradu, Mateja Nenadović se zainteresovao da ovu tehnološku novinu dovede i u svoje rodno mesto, Valjevo.³⁵ Svoju zamisao je poverio prijatelju, Đorđu Stanojeviću koji je u to vreme bio profesor na Velikoj Školi u Beogradu. Ujedno, profesor Stanojević je bio zadužen i za elektrifikaciju Beograda. U prvom trenutku Mateja je želeo da pokrene termocentralu koja će služiti za proizvodnju potrebne električne energije Valjevu. Ipak, Đorđe Stanojević ga je posavetovao da bi bilo uzalud ne iskoristiti vodni potencijal četiri

³¹ Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 33

³² Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 33

³³ Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 34

³⁴ Takovski krst se dodeljivao u Kneževini, a kasnije u Kraljevini Srbiji od 1878.do 1903. godine. Krst je bio organizovan u pet stepena, a dodeljivao se u dve kategorije – vojni i civilni.

³⁵ Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 34

reke na kojima leži Valjevo. Čak se i u to vreme znalo da je hidrocentrala mnogo jeftinija i rentabilnija od termocentrale. Mateja je predložio da se njegova stara vodenica, ako je moguće, pretvori u hidroelektranu.



Slika 5: Profesor Đorđe Stanojević³⁶

Dozvola za izgradnju hidrocentrale i uvođenje električnog osvetljenja tražena je od Suda opštine Valjevo. Tada nastaju problemi koji se mogu uporediti sa problemima koji postoje i danas u našoj državi. Lokalni političari i mesni odbori političkih stranaka bili su protiv izgradnje hidrocentrale i uvođenja električnog osvetljenja. Razlog je bilo ugrožavanje rada Monopola – petroleuma i njihovo značajno smanjenje prihoda. Doneta je odluka da se sprovede referendum o tome da li će se dozvoliti elektrifikacija Valjeva ili ne. Referendum je prošao i većinom glasova doneta je odluka da se odobri izgradnja prve hidrocentrale u Valjevu. Na obali reke Gradac, na mestu gde se danas nalazi elektrodistribucija, krenula je izgradnja hidrocentrale sa jednom turbinom koja će pokretati dinamo mašinu jednosmerne struje snage 12 kW. Kada je 1899. godine elektrana završena, Valjevo je zablistalo veličanstvenim sjajem. Tri godine kasnije izgrađena je i puštena u rad druga hidroelektrana na reci Gradac, u koju je bila postavljena turbina snage 135 KS i generator trofazne struje

³⁶<http://www.vesti-online.com/Vesti/Na-danasnji-dan/105596/Na-danasnji-dan--24-decembar> (septembar 2012)

snage 80 kW. Sa proizvedenom električnom energijom u pomenute dve elektrane, Valjevo se snabdevalo sve do 1923. godine.³⁷

Prelomni trenutak³⁸ u razvoju hidrocentrala u našoj zemlji predstavlja godina 1899. Tada je odlučeno da se krene u izgradnju hidroelektrane u Užicu. Akcionari Prve užičke tkačke radionice prihvatili su predlog Đorđa Stanojevića da se izgradi hidroelektrična tkačka radionica i da se sprovedu sve aktivnosti kako bi se pomenuti predlog i realizovao.



Slika 6: Hidroelektrana „Pod gradom“, Užice³⁹

Ispod stare tvrđave u Užicu, na desnoj obali reke Đetinje, uz veliku svečanost položen je kamen temeljac od strane Kralja Aleksandra Obrenovića. Na oko 800 metara uzvodno od zgrade centrale, izgrađena je brana visine 5 metara. U zgradi

³⁷Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 35

³⁸Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 35

³⁹<http://www.eps.rs/lat/gallery.aspx?album=12> (septembar 2012)

centrale montirane su dve turbine snage po 50 KS koje su pokretale dva generatora naizmenične struje, snage 64 kW, napona 2.060 V i učestanosti 50 Hz. Ovo je prvo postrojenje ovakve vrste izgrađeno u Srbiji i kasnije su sve hidroelektrane građene po ovom uzoru i modelu.

Dok je Đorđe Stanojević u Beogradu i Valjevu primenio Edisonov sistem jednosmerne struje, u slučaju užičke hidrocentrale opredelio se za Teslin polifazni sistem učestanosti 50 Hz, koji je kasnije postao standard u čitavoj Evropi.⁴⁰

Hidroelektrana je puštena u rad septembra 1900. godine. Električna energija je isporučivana pretplatnicima od zalaska do izlaska sunca, a tokom dana je električna energija korišćena za pokretanje tkačkih razboja. Već posle četiri godine hidrocentrala je proširena sa još jednom turbinom i generatorom. Ova hidrocentrala se danas naziva „Pod gradom“ i funkcioniše isporučujući električnu energiju u elektroenergetski sistem Srbije. Danas posluje u okviru EPS-ovog PD „Elektrosrbija“ iz Kraljeva.

Tek što je završio posao na užičkoj elektrani, Đorđe Stanojević je nastavio da istražuje vodotokove u Srbiji koji mogu biti iskorišćeni za izgradnju hidrocentrala. Tokom 1901. godine učestvovao je u osnivanju „Leskovačkog Električnog Društva“ u kojem je izvršen upis akcija u vrednosti od 200.000 dinara. Taj novac je iskorišćen za započinjanje izgradnje hidroelektrane na Vučjanskoj reci u selu Vučju kod Leskovca. Od Vučja do Leskovca izgrađen je dalekovod u dužini od 16 kilometara i tada je ostvaren prvi prenos električne energije na daljinu kod nas. Hidroelektrana, zajedno sa dalekovodom, puštena je u pogon 1903. godine.⁴¹ Pri izgradnji ove elektrane vidi se koliko je društvo bilo svesno i rukovalo se zdravim metodama prikupljanja sredstava za realizaciju društveno korisnih i isplativih projekata.

Narednih godina usledile su izgradnje hidrocentrala širom Srbije. Mnogi gradovi su krenuli da uvode električno osvetljenje kao zamenu za petrolejske lampe. 1909. godine puštene su u rad hidrocentrale „Sveta Petka“ na Nišavi i „Gamzigrad“ na Timoku. Tokom 1911. godine podignuta je centrala „Ivanjica“ na Moravici, a dve

⁴⁰ Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 36

⁴¹ Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 37

godine kasnije i „Vlasotince“ na Vlasini. Poslednja elektrana koja je izgrađena pre početka Prvog svetskog rata bilo je „Veliko Gradište“ na reci Pek.⁴²

U to vreme, početkom dvadesetog veka, električna energija je bila skupa i nije bila dostupna svima. Tu privilegiju imali su samo bogatiji slojevi društva. Struja se uglavnom koristila za osvetljenje, a manje za pokretanje mašina i aparata jer ih u to vreme nije ni postojalo u velikom broju.

Tokom Prvog svetskog rata dolazi do prekida svake aktivnosti usmerene na elektrifikaciji države. Tek po završetku rata, polako se krenulo u razvoj prenosne mreže i elektrana. Razvoj je prepušten privatnoj inicijativi jer se smatralo da će se na taj način postići bolji rezultati. Vlasnici radionica i fabrika sami su se starali o obezbeđenju električne energije potrebne za rad konkretnog objekta. Svi su se vodili svojom ličnom koristi a ne dobrobiti zajednice. Prema zakonu⁴³ koji je važio od 1902. godine, za izgradnju objekata snage do 50 kW dozvola se dobijala od lokalne vlasti (opštine, okruga itd), dok se za objekte veće snage dozvola dobijala od Ministarstva građevine. U to vreme većina centrala imalo je instalisanu snagu manju od 50 kW, tako da je lokalni interes bio veoma snažan. Baš iz tog razloga, tipovi ugrađivane opreme bili su vrlo heterogeni. Zahtevi za izgradnju elektrana poticali su sa svih strana. Tako su domaći industrijalci, bankari, združeni poljoprivrednici itd, tražili dozvole za pokretanje hidro i termocentrala. Tih godina dolazi i do prvog značajnijeg priliva stranog kapitala, prvenstveno iz Francuske, Engleske i Švajcarske, koji je bio namenjen ulaganju u energetske sektor Srbije.

Iako naša zemlja tada, kao i sada raspolaže velikim hidropotencijalom, isti nije bio dovoljno iskorišćen. Velike količine uglja i drveta bile su lako dostupne, pa je privatnim investitorima bilo mnogo jeftinije da fosilna goriva koriste za pokretanje parnih mašina, a ne da kupuju ili da sami proizvode električnu energiju.

Na osnovu dokumentacije koja je ostala iz međuratnog perioda, može se utvrditi da je u to vreme izgrađeno 23 nove hidrocentrale, dve su rekonstruisane i proširene, a

⁴²Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 38

⁴³Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 56

tri su izgrađene na račun dobijene ratne odštete.⁴⁴ Pored ovoga, sigurno je da je postojalo i dosta individualnih centrala malih snaga koje su izgrađene na mnogobrojnim vodenicama. Električnom energijom dobijenom iz takvih centrala snabdevala su se domaćinstva, poljoprivredna gazdinstva, radionice, škole itd. Takvih primera bilo je u svim krajevima države.

O zdravoj tržišnoj privredi koja je postojala u to vreme govori i primer Zaječara.⁴⁵ Elektrifikacija grada odvijala se u konkurentskim uslovima dve firme, jedne privatne a jedne u opštinskom vlasništvu. To je i u to vreme, a i kasnije kod nas, bio jedini primer da se dve firme sa svojim centralama i prenosnom mrežom bore za svoje pretplatnike. Firma „Uroš Milošević i sinovi“ je 1909. pokrenula hidrocentralu „Gamzigrad“ i igradila dalekovod do grada Zaječara. Dvanaest godina kasnije, hidrocentrala je rekonstruisana i njen kapacitet je povećan. 1925. godine Opština Zaječar je pustila u rad termocentralu i tada su nastala dva društva za proizvodnju i snabdevanje električnom energijom. Uporedo su funkcionisali do 1931. kada je privatna firma bila prinuđena da se orijentiše isključivo na snabdevanje električnom energijom industrije u Zaječaru.

Tokom Drugog svetskog rata najveći deo postojećih elektrana bio je ili potpuno uništen ili u stanju da proizvodnja ne može da se obavlja. Ipak, bilo je potrebno samo dve godine kako bi se ono što je bilo porušeno saniralo i pustilo u pogon. U aprilu 1947. godine, Narodna skupština Jugoslavije donela je zakon o petogodišnjem planu razvitka privrede FNRJ. Ovim planom bilo je predviđeno da se izgradi pet termoelektrana ukupne snage 170 MW i šest hidroelektrana sa instalisanom snagom od 92 MW. Ovo je bilo znatno više od svega što je do tada izgrađeno.⁴⁶

Prvi proizvodni kapacitet pušten je u rad 1948. godine, a to je bila TE „Mali Kostolac“ sa instalisanom snagom od 8 MW. Ta termoelektrana danas ne postoji i na njenom mestu nalaze se TE „Kostolac A“ sa kapacitetom 310 MW i TE „Kostolac B“ sa kapacitetom 697 MW. Obe termoelektrane danas posluju u okviru PD „TE-KO Kostolac“ koje je u sastavu Elektroprivrede Srbije. Ipak, najstarija termoelektrana

⁴⁴Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 56

⁴⁵Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 57

⁴⁶Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993; str. 137

koja i danas proizvodi električnu energiju je TE „Kolubara“ koja je puštena u pogon 1957. godine. U to vreme instalisana snaga iznosila je 64 MW, dok je danas njen kapacitet povećan na 270 MW.



Slika 7: Hidroelektrana „Đerdap 1“⁴⁷

Kada su u pitanju hidroelektrane, prva izgrađena posle rata bila je HE „Ovčar Banja“ na Zapadnoj Moravi kod Čačka. Ona je puštena u rad 1954. godine i njena današnja instalisana snaga iznosi 5,80 MW. Prema današnjim kriterijumima ovakva hidroelektrana spada u kategoriju malih. Tokom pedesetih godina, redom su građene hidroelektrane „Vrla 1“, „Vrla 2“ i „Vrla 3“ na reci Vrli, „Zvornik“ na Drini i „Međuvršje“ na Zapadnoj Moravi. Kasnije su izgrađene i druge hidroelektrane koje i danas rade. Možda najveći poduhvat u istoriji naše energetike, predstavlja izgradnja HE „Đerdap 1“, koja je trajala od 1964. do 1970. godine. Elektrana je izgrađena u saradnji sa Rumunijom i kapaciteti se ravnomerno dele. Današnja snaga našeg dela elektrane iznosi 1.058 MW i ona je jedna od najvećih u Evropi.

Pored toga, potrebno je istaći još jedan veliki poduhvat koji je urađen od strane Elektroprivrede Srbije u periodu od 1976. do 1982. godine. Tada je izgrađena i puštena u rad reverzibilna hidroelektrana „Bajina Bašta“ čija je instalisana snaga 614

⁴⁷ <http://www.panoramio.com/photo/9754317> (septembar 2012)

MW. Ona i danas predstavlja čudo graditeljstva i tehnike, a pored toga posluje veoma rentabilno.



Slika 8: Zaovinsko jezero⁴⁸ na Tari⁴⁹

Hidroelektrana “Piroš” je poslednji značajni kapacitet za proizvodnju električne energije koji je izgrađen u našoj državi, na reci Visočici u blizini Pirota. Njena instalisana snaga iznosi 80 MW i puštena je u rad 1990. godine. U poslednjih 22 godine, ni jedan novi proizvodni kapacitet nije izgrađen u našoj zemlji. U aprilu 2012. godine, puštena je u rad hidrocentrala “Prvonek”, snage oko 900 kW u blizini Vranja. Značaj ovog objekta je više simboličan jer predstavlja prvi objekat izgrađen posle raspada zemlje i možda predstavlja početak jednog novog investicionog ciklusa.

Elektroprivreda Srbije planira da nastavi sa razvojem hidroelektrana u Srbiji. Hidroelektrane koje su planirane da se grade u narednoj deceniji su: 10 hidroelektrana na Ibru (118 MW), 5 hidroelektrana na Velikoj Moravi (148 MW), 4

⁴⁸ Jezero se nalazi na planini Tari, na nadmorskoj visini od 892 metra. Zauzima površinu od 15 kvadratnih kilometara. Jezero je veštački napravljeno početkom osamdesetih godina XX veka da bi služilo kao rezervoar za vodu, koja će da pokreće turbine u reverzibilnoj hidroelektrani „Bajina Bašta“. Voda se u jezero upumpava iz reke Drine, kroz cevovod dugačak 8 kilometara. Osim kao rezervoar, jezero ima i veliki turistički značaj.

⁴⁹ http://www.tara-planina.com/zaovine_slike_jun08/Zaovine-Mandici_4.jpg (septembar 2012)

hidroelektrane na gornjoj Drini (238 MW), 3 hidroelektrane na srednjoj Drini (321 MW), RHE “Bistrica” (620 MW) i RHE “Đerdap 3”. Za izgradnju nekih hidroelektrana, kao što su HE na Ibru i Velikoj Moravi, strateški partner je pronađen i one su u fazi realizacije. Ostale pomenute hidroelektrane su još uvek u domenu nekih dugoročnih planova. Pored ovde pomenutih velikih proizvodnih kapaciteta, trenutno se sprovode obnove postojećih i izgradnja desetak novih malih hidroelektrana.

Tabela 4: Lista svih hidroelektrana u Srbiji koje posluju u okviru EPS-a⁵⁰

Naziv	Instalisana snaga (MW)	Godina puštanja u rad	Reka
Ovčar Banja	6	1954.	Zapadna Morava
Vrla 2	24	1954.	Vrla
Vrla 1	51	1955.	Vrla
Zvornik	96	1955.	Drina
Međuvršje	7	1957.	Zapadna Morava
Vrla 4	25	1958.	Vrla
Bistrica	104	1960.	Uvac
Kokin Brod	22	1962.	Uvac
HE Bajina Bašta	365	1966.	Drina
Potpeć	52	1967.	Lim
Đerdap 1	1.058	1970.	Dunav
Vrla 3	29	1975.	Vrla
Uvac	36	1979.	Uvac
RHE Bajina Bašta	615	1982.	Drina
Đerdap 2	270	1985.	Dunav
Pirot	80	1990.	Visočica
Male hidroelektrane			
Pod gradom	0,36	1900.	Đetinja
Vučje	0,93	1903.	Vučjanka
Sveta Petka	0,60	1908.	Nišava
Gamzigrad	0,22	1909.	Crni Timok
Moravica	0,16	1911.	Moravica
Vrelo	0,06	1927.	Perućačko Vrelo
Jelašnica	0,40	1928.	Jelašnica
Turica	0,32	1929.	Đetinja
Sićevo	1,35	1931.	Nišava
Temac	0,78	1940.	Temštica
Prvonek	0,91	2012.	Banjska

⁵⁰ www.eps.rs, www.djerdap.rs, www.dlhe.rs (septembar 2012)

5. Ekonomske karakteristike hidroelektrana

Bilo kakva ekonomska razmatranja i donošenje odluka u energetici nije moguće vršiti izolovano. Pod izolovanim se podrazumeva za samo jedan tip energetskeg izvora. Da bi se donela ispravna odluka potrebno je vršiti poređenje između više energetskih izvora. Tako se i odluke vezane za izgradnju hidroelektrana i odluke vezane za njihove performanse ne mogu donositi bez poznavanja alternativnih elektrana, pre svega termoelektrana. Važno je takođe naglasiti da poređenje nije moguće izvršiti sa svim tipovima termoelektrana već samo sa onima koje imaju sličan nivo operativnosti. Primera radi, poređenje hidroelektrana sa klasičnim termoelektranama koje postoje kod nas bilo bi suludo jer su one spore i sa velikom inercijom pri podizanju opterećenja. Iz svega navedenog sledi da je poređenje moguće izvršiti sa gasnim termoelektranama, koje u ovom trenutku ne postoje u našoj zemlji.

U globalu, svi troškovi koji se javljaju u energetici mogu se razvrstati u dve kategorije:⁵¹

1. Fiksni troškovi;
2. Varijabilni troškovi;

Fiksi troškovi se ne menjaju i oni uglavnom zavise od visine investicije. Baš iz tog razloga, oni se često nazivaju i investicionim troškovima. Takvi troškovi se uglavnom odnose na otplate kredita i u njih spadaju anuiteti, kamate, amortizacija itd. U fiksne troškove takođe spadaju i plate zaposlenih i troškovi održavanja, mada oni nisu direktno vezani za vrednost investicije. Iako direktno nisu vezani, broj zaposlenih trebalo bi da bude u skladu sa visinom investicije i kapacitetom same hidroelektrane.

Nasuprot fiksnim, varijabilni troškovi prvenstveno zavise od načina rada hidroelektrane, obima proizvodnje itd. Na njih se može izvršiti uticaj od strane ljudi koji upravljaju elektranom.

⁵¹Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 257

5.1. Apsolutni i relativni pokazatelji ekonomske isplativosti izgradnje hidroelektrana

Investicioni troškovi su svi troškovi koji su u vezi sa izgradnjom svih objekata u sastavu elektrane. U slučaju hidroelektrana tu spadaju troškovi izgradnje brane, ostalih objekata, neophodne mehaničke i elektro opreme, naknade štete, troškovi eksproprijacije zemljišta itd. Svi investicioni troškovi mogu da se razlože na dva člana od kojih jedan ne zavisi od veličine kapaciteta dok jedan zavisi od kapaciteta i protoka.

$$I = A + B \times Q$$

U prethodnoj formuli, I se odnosi na investicione troškove, A i B su konstante koje zavise od tipa elektrane dok je Q protok.⁵²

U nastavku je dat pregled najvažnijih troškova koji nastaju prilikom izgradnje hidroelektrane⁵³ od samog početka pa do puštanja elektrane u pogon.

Prethodni radovi:

- Istražni radovi, izrade studija, stručne kontrole projekata itd.
- Troškovi investitorske organizacije

Pripremni radovi:

- Organizacija gradilišta, izgradnja objekata namenjenih radnicima i normalnom funkcionisanju gradilišta
- Pripremni građevinski radovi, izgradnja pristupnih saobraćajnica, izmeštanje saobraćajnica koje predstavljaju smetnju građenju, predbrane, objekti za skretanje reke itd.

Glavni građevinski radovi:

- Izgradnja brane i svih pratećih objekata kao što su prelive, ispusti, slapišta, objekti za prolaz ribe itd.
- Izgradnja dovodnih i odvodnih derivacija
- Izgradnja mašinske zgrade i svih pratećih objekata
- Izgradnja objekata u zoni razvodnog postrojenja

⁵²Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 258

⁵³Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 258, 259, 260

- Izgradnja objekata neophodnih za zaposlene u elektrani, za kontrolni centar itd.
- Građevinski radovi u sistemu zaštite priobalja kao što su kanali, drenažni bunari itd.
- Građevinski radovi na erozivnoj i bujičarskoj zaštiti akumulacije i objekata

Oprema hidroelektrane:

- Hidromehanička oprema u šta spadaju ustave na brani, ustave na zahvatnim organima, cevovodi itd.
- Mašinska oprema kao što su turbine i pumpe
- Elektromašinska oprema – generatori sa pratećom opremom, razvodna postrojenja, elektrooprema u komandnim sobama itd.

Naknada štete, zamena vrednosti, ekološka i druga zaštita:

- Troškovi eksproprijacije zemljišta
- Preseljenje naselja i industrije iz zone koja se potapa
- Izmeštanje saobraćajnica koje se potapaju
- Izmeštanje ostalih infrastrukturnih postrojenja kao što su dalekovodi, gasovodi, telekomunikaciona mreža itd.
- Izmeštanje objekata od istorijske i kulturne vrednosti (U slučaju Đerdapa izmešteni su Trajanova kapija, Lepenski Vir itd)
- Izgradnja ostalih objekata koji su potrebni da bi se kompenzovala šteta nastala izgradnjom hidroelektrane

Od svih navedenih troškova, proporcionalni protoku su samo oni koji se nalaze na protočnom delu elektrane kao što su zahvatne građevine, dovodne i odvodne derivacije, cevi pod pritiskom, turbine itd. Većina ostalih troškova ne zavisi od instalisanog protoka i mogu se tretirati kao fiksni.

Visina ukupnih investicionih troškova je važan ekonomski pokazatelj. Ipak, on svojom apsolutnom vrednošću ne govori mnogo o performansama određene hidroelektrane. Da bi se omogućilo određeno upoređivanje među različitim tipovima elektrana, koriste se određeni specifični pokazatelji. Dva specifična pokazatelja⁵⁴ su

⁵⁴Đorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 260-264

Specifične investicije po jedinici energije (USD/kWh) i Specifične investicije po jedinici snage (USD/kW).

Prvi pokazatelj pokazuje odnos između vrednosti investicije i moguće proizvodnje energije. Ipak, ni ovaj pokazatelj nije dovoljan jer on ne prikazuje doprinos jedne hidroelektrane u mešovitom elektroenergetskom sistemu. Poredeći elektrane samo na osnovu ovog pokazatelja, može se doći do potpuno pogrešnih zaključaka o ekonomskoj isplativosti. Na ovaj način bile bi isključene elektrane koje mogu da proizvedu manju količinu električne energije, ali su pouzdane u trenucima vrhova potrošnje.

Drugi važan pokazatelj je Specifična investicija po jedinici snage. On predstavlja odnos između ukupnih investicija i instalisane snage. Prilikom izračunavanja ovog pokazatelja uzimaju se u obzir instalisana snaga, radni pad hidroelektrane i koeficijent korisnog dejstva. Sa povećanjem instalisane snage smanjuje se vrednost ovog pokazatelja.

Kao još jedan važan ekonomski pokazatelj spominje se proizvodna cena energije koja je dobra za ekonomsko upoređivanje elektrana. U kasnijim fazama projektovanja ovaj pokazatelj se izračunava veoma precizno, mada se na osnovu načina finansiranja može okvirno odrediti i u početnim fazama projektovanja. Kada postoje podaci o visini investicija (I), koeficijentu kojim se investicije prevode u godišnje troškove⁵⁵ i mogućoj proizvodnji energije (E), može se izračunati proizvodna cena energije:

$$p = \beta \times I / E \quad (\text{USD/kWh})^{56}$$

U kasnijim fazama projektovanja, cena energije se ne računa kao prosečna već kao konkretna za određene trenutke u vremenu. Cena energije se menja tokom vremena i najveća je u početnim godinama eksploatacije elektrane, kada su i najveće otplate za uzete kredite.

⁵⁵Koeficijent β kreće se u rasponu od 0,05 za uobičajeni odnos građevinskih radova i opreme pa do 0,1 u slučaju kada je veliki udeo opreme, čiji je period amortizacije kraći od amortizacije građevinskih delova elektrane.

⁵⁶Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 262

Svi prethodno navedeni pokazatelji jedino imaju smisla ako se posmatraju simultano. Upoređujući više alternativa samo na osnovu jednog pokazatelja može dovesti do pogrešnih zaključaka. Pored čisto ekonomskih kriterijuma važno je uvažiti i kriterijum doprinosa jedne elektrane čitavom elektroenergetskom sistemu. Tek kada se sve sagleda, moguće je doneti odluku o realizaciji projekta izgradnje hidro ili termoelektrane.

5.2. Cena električne energije kao faktor planiranja

Cena električne energije je ključni faktor pri svakom planiranju u oblasti energetike. Od pravilnog definisanja cene električne energije zavisi razvojna politika ne samo u energetici već u čitavoj privredi. Pravilno usmeravanje privrede jedne države u velikoj meri zavisi od kretanja cene električne energije. Takođe, i kategorije u oblasti hidroenergetike u velikoj meri zavise od cene električne energije.

U razvijenim zemljama sveta, gde električna energija ne spada u socijalnu kategoriju, važe sledeća pravila koja se tiču cene električne energije.⁵⁷

Cena električne energije je element jedinstvenog tarifnog sistema koji se zasniva na troškovnom principu. Prema takvom tarifnom sistemu, svaki potrošač treba da pokrije troškove proizvodnje, prenosa i distribucije energije, koje izaziva svojim delovanjem u elektroenergetskom sistemu. Ako važi ovakvo pravilo, potrošač će biti stimulisan da racionalno koristi električnu energiju.

Cena energije pod obavezno mora da pokrije troškove proste reprodukcije. Pod ovim se podrazumeva da se iz cene energije pokrivaju materijalni troškovi, redovno izmiruju obaveze po osnovu kredita i kamata za izgradnju objekata, pokrivaju troškovi zarada, osiguranja, amortizacije itd.

⁵⁷Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 268-272

Pored proste reprodukcije, u razvijenim zemljama je normalno da se iz cene električne energije pokriva i deo proširene reprodukcije. Naravno, niko ne ugrađuje sve troškove proširene reprodukcije u cenu električne energije. To se ne čini iz najmanje dva razloga.⁵⁸

- Prvi razlog je taj što bi cena električne energije tada bila previsoka, toliko da bi destimulisala privredni razvoj. Sa ovim problem suočava se privreda Nemačke gde je cena električne energije već sada jedna od najviših u Evropi i gde se planira da do 2020. godine cena poraste za 30%. Razlog tako visokoj ceni jeste masovni prelazak na obnovljive izvore energije čija je upotreba veoma skupa. Posle havarije u Fukušimi, Nemačka vlada je odlučila da u narednih deset godina ugasi sve svoje nuklearne reaktore i da pređe na upotrebu obnovljivih izvora energije. Kakve će posledice ovakva odluka izazvati na privredu u celini, videće se u budućnosti.
- Drugi razlog je taj što nije logično da se na sadašnje potrošače prebaci obaveza izgradnje elektroenergetskih objekata koji će služiti budućim generacijama. S toga je najčešće sretan oblik finansiranja izgradnje elektrana i razvodnih postrojenja, finansiranje iz kredita.

Ipak, smatra se da je u cenu energije normalno ugraditi troškove istraživanja i planiranja novih objekata kao i sredstva koja su neophodna za sopstveno učešće prilikom izlaska na tržište kapitala. Na tržištu kapitala potrebno je obezbediti kredite za nove energetske objekte. Normalno je da se udeo sopstvenih sredstava u finansiranju proširene reprodukcije, koji je dobijen kroz cenu energije, kreće u rasponu od 20% do 40%.

Cena električne energije trebala bi da pokrije troškove zaštite životne sredine jer se eksploatacijom resursa koji služe za proizvodnju energije narušava ta ista životna sredina. Pored toga, iz cene električne energije potrebno je pokriti troškove demontiranja zastarelih postrojenja. Ovo se prvenstveno odnosi na nuklearne centrale gde su troškovi demontaže nuklearnih reaktora i ostale opreme veoma visoki.

⁵⁸Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 268

U uređenim državama, gde elektroprivredna preduzeća funkcionišu kao akcionarska, podrazumeva se da cena treba da obezbedi i profit. Samo zbog profita će akcionari i dalje biti zainteresovani da ulažu u elektroprivredne sisteme. Naša elektroprivreda je prošlu godinu završila sa preko 20 miliona evra neto gubitka. Razlozi takvog rezultata su mnogobrojni i neće biti spominjani sada. Ipak, uspešna elektroprivredna preduzeća kao što su EdF (Francuska), ČEZ (Češka republika), E.ON (Nemačka) ostvaruju zadovoljavajuće prinose svojim akcionarima.

Cena električne energije mora biti u paritetu sa cenama ostalih energenata. U slučaju da dođe do dispariteta, posebno ako je na štetu električne energije, dolazi do ozbiljnih problema koji ostavljaju posledice na čitavo društvo. Ako je cena električne energije niska, dolazi do neracionalne potrošnje, previsoke tražnje i pogrešne strategije investicija. To se kasnije ne može ispraviti jednostavnom korekcijom cene. Ovakav slučaj postoji u našoj zemlji gde se cena električne energije veštački drži na niskom nivou. Više od polovine ukupnog konzuma u zimskim mesecima odlazi na grejanje, što je nezamislivo u zemljama EU.

Cena električne energije kao i cene drugih energenata moraju se određivati i usklađivati za duže vremenske intervale. Razlog je taj što cene energenata imaju stratešku važnost za usmeravanje privrednog razvoja. Veliki broj privrednih subjekata nalazi se danas u ozbiljnoj krizi zato što je svoje nastajanje temeljio na nerealno niskoj ceni električne energije. Dalje održavanje nerealnih cena vodiće našu privredu i društvo u još dublju i dublju krizu.

Uvažavajući prethodno obrazložena pravila, u cenu električne energije treba da budu ugrađeni sledeći elementi.⁵⁹

- Troškovi goriva (ugalj, nafta, prirodni gas, nuklearno gorivo) i u vezi sa njima troškovi transporta, skladištenja, osiguranja i troškovi otvaranja novih rudnika i kopova uglja
- Troškovi obezbeđivanja vode za hlađenje i svi povezani troškovi. Ova kategorija troškova odnosi se na rad termo i nuklearnih centrala

⁵⁹Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 269, 270

- Troškovi održavanja postrojenja i troškovi sopstvene potrošnje električne energije
- Troškovi odlaganja otpada (pepela, šljake), troškovi rekultivacije iscrpljenih kopova, troškovi održavanja priobalja i troškovi ekološke zaštite uopšte
- Troškovi demontaže starih elektrana i troškovi sanacije prostora. Ovi troškovi se dominantno pojavljuju u slučajevima nuklearnih elektrana
- Troškovi otplate kredita, kamata na kredite i troškovi obaveznog osiguranja
- Realna amortizacija kod koje je važno da bude korektno revalorizovana zbog inflatornih kretanja
- Plate zaposlenih i ostali troškovi rada
- Poreske i druge zakonske obaveze
- Sredstva za obezbeđivanje fonda rizika i naknada štete
- Troškovi istraživanja i planiranja novih objekata u elektroenergetskom sistemu
- Troškovi neophodnog sopstvenog učešća prilikom dobijanja kredita za izgradnju novih objekata
- Čist profit za raspodelu ulagačima

Proizvodnja hidroenergije u najvećoj meri zavisi od hidroloških prilika, koje se ne mogu predvideti na duži rok. Kod svake hidroelektrane mora postojati fond rizika iz kojeg će da se podmiruju povećani troškovi kada dođe do loših hidroloških prilika. U te troškove spadaju obaveze nadoknade štete u slučaju neispunjavanja ugovornih obaveza. U letnjim mesecima, kada su vode niske, intenzivnije se koriste skuplje termoelektrane. Nasuprot tome, kada su protoci veći od planiranih, dolazi do uštede i viška prihoda koji se javljaju zbog povećane proizvodnje električne energije. Ta sredstva se dalje koriste za punjenje fonda rizika i fonda za podmirivanje štete koje snosi elektroprivreda u slučaju prekida snabdevanja energijom.

Amortizacija predstavlja plansko otpisivanje vrednosti nekog osnovnog sredstva u zavisnosti od protoka vremena ili intenziteta korišćenja. Potrebno je obezbediti novac iz cene električne energije, koji će da služi za zamenu i održavanje amortizovanih delova osnovnog sredstva. Posebno je bitno da se amortizacija plaća u realnom iznosu tj. mora biti obračunata u odnosu na realno vreme korišćenja objekta i na realnu vrednost objekta. Zbog postojanja inflacije, potrebno je neprestano vršiti revalorizovanje vrednosti objekta odnosno povećavati vrednost njegovog

neotpisanog dela, kako bi novac koji se izdvaja za amortizaciju uvek bio u realnom iznosu.

U jednoj hidroelektrani postoje objekti, mašine i druga oprema izrađeni od različitih materijala i sa različitim vekom trajanja. U tabeli ispod, dati su okvirni rokovi amortizacije i godišnje stope za pojedine karakteristične delove hidroelektrane.

Tabela 5: Rokovi i godišnje stope amortizacije za pojedine delove hidroelektrane⁶⁰

Objekat	Rok amortizacije (godine)	Godišnja stopa amortizacije
Brane svih vrsta i masivni hidrotehnički objekti	50-100	1-2%
Zemljane konstrukcije, nasute brane i nasipi	50-100	1-2%
Kanali (dovodi, odvodi, dovodi u jezero itd.)	50	2%
Tuneli raznih tipova	50	2%
Zgrade hidroelektrana	50	2%
Čelične konstrukcije u hidrotehničkim objektima	20-25	4-5%
Turbine i hidromehanička oprema	20-25	4-5%
Električni uređaji, generatori, motori	20	5%
Čelične cevi	25	4%
Uređaji upravljačko-informacionih sistema	5-10	10-20%

Iz prethodne tabele može se primetiti da je vek trajanja upravljačko-informacionih sistema veoma kratak. Ovde se ne radi o fizičkom veku trajanja već o takozvanom moralnom rabaćenju. Pod tim se podrazumeva da tehnologija zastareva i da posle veoma kratkog vremena mora biti zamenjena novom. Primera radi, računarska oprema se mora menjati posle nekoliko godina kako bi bila kompatibilna sa novim aplikacijama, programima itd.

⁶⁰Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 271

5.3. Godišnji troškovi rada hidroelektrane

Godišnji troškovi svake elektrane mogu da se podele na stalne i promenljive tako da bi u opštem slučaju važila sledeća jednačina⁶¹

$$C_t = C_f + C_v$$

gde su redom C_t ukupni troškovi rada elektrane, C_f stalni troškovi i C_v promenljivi troškovi. U slučaju hidroelektrana, stalni godišnji troškovi su neuporedivo veći od promenljivih troškova. Ovo je posledica toga što veoma mali procenat ukupnih troškova u hidroelektrani zavisi od proizvodnje. U nekim analizama je s toga opravdano da se promenljivi troškovi potpuno zanemare. Tada bi se jednačina nalazila u sledećem obliku

$$C = \beta \times I$$

gde je β koeficijent pretvaranja investicija (I) u godišnje troškove hidroelektrane (C).

U slučaju termoelektrana promenljivi troškovi ne bi mogli da se zanemare zato što su promenljivi troškovi direktno zavisni od količine utrošenog goriva (uglja, nafte, prirodnog gasa), odnosno od toplotne energije koja je preko goriva dovedena u proces.

Iz prethodnog se vidi da se troškovi rada ovakva dva tipa elektrane suštinski razlikuju. Važno je sada odrediti cenu koštanja proizvedene energije u svakoj od ovih elektrana.⁶² U slučaju termoelektrane, cena koštanja imaće sledeću formulu

$$p = (C_f + C_v) / E$$

dok će u slučaju hidroelektrane cena koštanja biti u obliku

$$p = C_f / E$$

U obe formule, oznaka E odnosi se na proizvedenu energiju, koja bi mogla da se razloži na proizvod instalisane snage elektrane i broja časova rada

$$E = N_i \times t$$

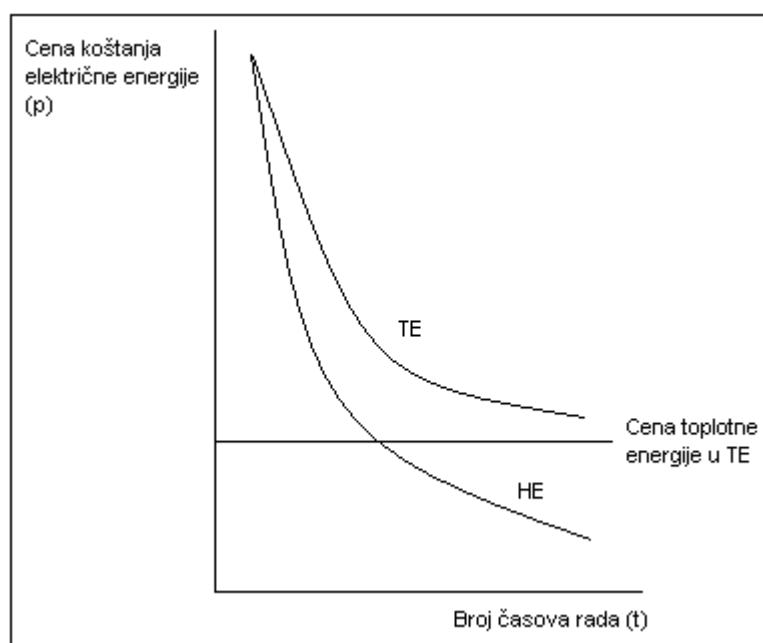
⁶¹Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 264

⁶²Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 272, 273

Ako se u formulama za cenu koštanja energije uvede smena, dobiće se sledeći izrazi:

- Termoelektrane: $p = (C_f + C_v) / (N_i \times t)$
- Hidroelektrane: $p = (\beta \times I) / (N_i \times t)$

Kada se povećava broj časova korišćenja instalisanih kapaciteta, u oba tipa elektrane, cena koštanja proizvedene energije opada. S tim u vezi treba naglasiti da cena koštanja brže opada u slučaju hidroelektrana zato što kod termoelektrana u cenu koštanja ulazi i toplotna komponenta. Zavisnost promene cene koštanja električne energije od časova rada elektrane može se videti na sledećem grafikonu. Krive koje pokazuju zavisnost cene koštanja od vremena rada nazivaju se ekonomskim karakteristikama elektrana.



Grafikon 1: Kretanje cene koštanja električne energije u zavisnosti od broja časova rada, u slučaju hidro i termoelektrana⁶³

Na osnovu kretanja ove dve krive može se zaključiti zašto rad određenih privrednih subjekata koji konstantno i u velikoj količini troše električnu energiju, ne bi bio ekonomičan ako bi zavisili isključivo od termoenergije. U ovakve privredne subjekte

⁶³Dorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001; str. 273

spadaju fabrike aluminijuma, čeličane itd. Nije slučajno što je najveći proizvođač aluminijuma na svetu Kanada, a najveći proizvođači čelika Kina, Indija i Rusija. Učešće hidroenergije u navedenim državama je relativno veliko. Rentabilnost ovakvih privrednih subjekata zavisi od postojanja hidroelektrana u elektroenergetskom sistemu. Ipak, isključiva zavisnost od rada hidroelektrana ne bi smela da postoji, zato što hidrološke prilike mogu da ugroze proizvodnju. Zato je neophodno da u sistemu postoji balans između termoelektrana i hidroelektrana.

Ako je vreme korišćenja instalisane snage veliko, energija termoelektrana može konkurisati energiji hidroelektrana samo ako bi gorivo bilo veoma jeftino. To vreme je ipak odavno prošlo i cene energenata na svetskom tržištu su u neprestanom porastu zbog sve veće tražnje za istima. Cene fosilnih goriva značajno menjaju odnose u energetsom sektoru i utiču na isplativost izgradnje novih hidroelektrana. Sada postaju ekonomične i one hidroelektrane koje su ranije smatrane skupim. Kriterijum ekonomičnosti je pojednostavljen jer je ekonomična svaka hidroelektrana koja iz sistema istisne najskuplju termoelektanu. Ali ponavlja se, zbog stabilnosti elektroenergetskog sistema važno je da postoje različiti tipovi elektrana. Najbolja situacija bi bila da u jednom sistemu postoje termo, nuklearne, hidro i elektrane koje koriste druge obnovljive izvore.

Da bi se utvrdila efikasnost rada hidroelektrane, sa ekonomsko-finansijske tačke gledišta, neophodno je porediti cenu koštanja električne energije i cenu električne energije na tržištu. Ovakvo poređenje je važno za proizvodno preduzeće iz bilo koje privredne grane. Na osnovu podataka dobijenih od strane Međunarodne agencije za obnovljive izvore energije (*IRENA*)⁶⁴ može se videti da cena koštanja električne energije iz hidroelektrana varira u zavisnosti od države u kojoj se elektrana nalazi, načina na koji je elektrana finansirana i starosti same elektrane. U zemljama Evropske Unije cena koštanja se kreće u intervalu od 4 pa sve do 16 američkih centi po kWh električne energije. U najsnažnijoj ekonomiji sveta, SAD-u, cena koštanja ekvivalentne količine električne energije iznosi od 2 do 15 centi. U Brazilu, jednoj od zemalja sa najvećim udelom hidroenergije u nacionalnoj proizvodnji, cena koštanja

⁶⁴ *IRENA* – Međunarodna agencija za obnovljive izvore energije, osnovana 2009. godine, sa ciljem promovisanja iskorišćavanja svih vidova obnovljivih izvora energije. Sedište organizacije nalazi se u Abu Dabiju, prestonici Ujedinjenih Arapskih Emirata.

električne energije se kreće od 3 do 6 američkih centi po kWh. Hidroelektrane u Brazilu biće analizirane u daljem radu. Navedene cene koštanja potrebno je staviti u odnos sa cenama električne energije na tržištu. Na tržištu postoji veliki broj tarifa koje zavise od tipa potrošača, količine utrošene energije, mesta stanovanja itd. Ipak, zvanične statistike svake države izračunavaju i prosečnu cenu električne energije na tržištu. Tako je prosečna cena na tržištu Evropske Unije⁶⁵ 23 američka centa, tržištu SAD-a⁶⁶ 10 centi i tržištu Brazila⁶⁷ 13 centi po kWh utrošene električne energije.

U slučaju Srbije, cena koštanja električne energije iz hidroelektrana kreće se od 2 do 8 američkih centi po kWh. Iznos zavisi od godišnje proizvodnje elektrane i visine svih troškova koji nastanu u vezi sa njom. Ovi iznosi dobijeni su na osnovu finansijskih i tehničkih izveštaja dva preduzeća koja se bave proizvodnjom hidroenergije u našoj zemlji – PD “Drinsko–Limske HE” i PD “HE Đerdap”. Razlog primetno nižih cena koštanja električne energije kod nas nego u zemljama EU, jeste starost samih hidroelektrana kao i način na koji su finansirane u prošlosti. Cena električne energije na našem tržištu je drastično niža od tržišta koja su navedena za poređenje. Prosečna cena kWh utrošene električne energije u našoj zemlji iznosi oko 6 američkih centi.⁶⁸

Poredeći cenu na tržištu i cenu koštanja, delimično se zaključuje o isplativosti ulaganja u hidroelektrane u različitim zemljama. Veoma niska cena koja postoji na tržištu u našoj zemlji ozbiljno ugrožava trenutne i potencijalne investicije u energetsom sektoru. Razlozi za ovako nisku cenu električne energije na tržištu su mnogobrojni. Ipak, osnovni razlog jeste nepostojanje političke volje da se cena dovede do tržišne. Socijalni mir u zemlji, vlada delimično „kupuje“ na ovaj način. Elektroprivreda Srbije, kao privredni subjekat, trpi ogromne štete zbog ovako niske cene struje. 60% električne energije se proizvodi u termoelektranama, u kojima se samo delimično pokrivaju troškovi proizvodnje. Ne treba zaboraviti da je potrebno pokriti i troškove prenosa i distribucije do krajnjih potrošača. Posledice ovako niske cene struje su zabrinjavajuće. Sredstva koja se prihoduju nisu dovoljna za normalno

⁶⁵ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_price_statistics (oktobar 2012)

⁶⁶ <http://www.eia.gov/electricity/data.cfm> (oktobar 2012)

⁶⁷ <http://www.aneel.gov.br/areaPerfil.cfm?idPerfil=11> (oktobar 2012)

⁶⁸ Elektroprivreda Srbije: *Godišnji izveštaj Elektroprivrede Srbije*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 2011; str. 23

održavanje proizvodnih, prenosnih i distributivnih kapaciteta. O izdvajanjima za nove elektrane ne treba ni govoriti. Ovakva cena električne energije na tržištu je neodrživa na duži rok i moraće da bude korigovana u budućnosti. U slučaju rasta cene, do koje će sigurno doći u narednom periodu, atraktivnost ulaganja u hidroelektrane će značajno biti uvećana. Naravno, nije cena električne energije na tržištu jedini razlog nedostatka investicija, ali je svakako jedan od najvažnijih.

6. Modaliteti finansiranja hidroelektrana

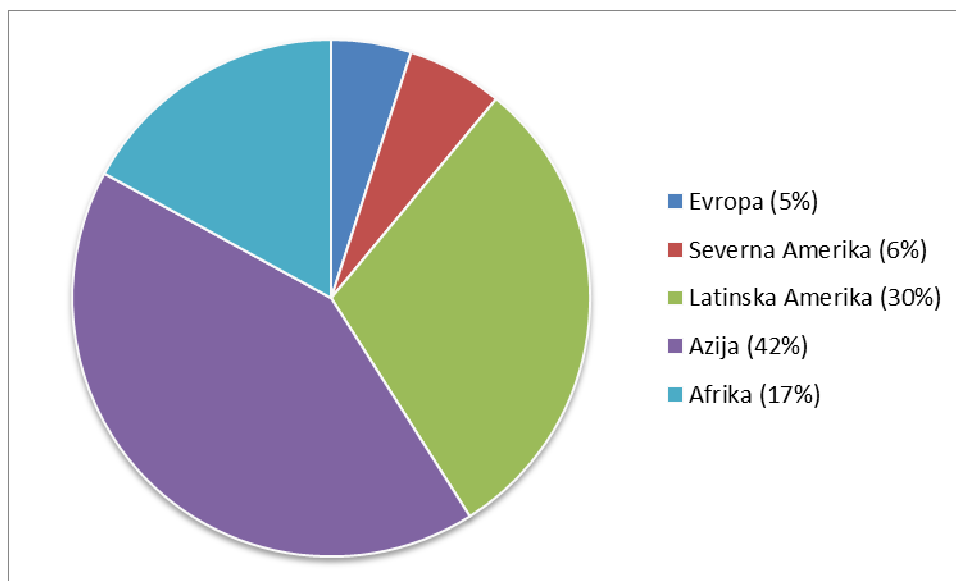
Početak devedesetih godina dvadesetog veka, u velikom broju zemalja dolazi do deregulacije energetskog sektora. Iako se dozvoljava ulazak privatnog kapitala u ovaj sektor, regulacija od strane države ostaje sveprisutna u nekim segmentima. To je u određenoj meri dobro i razumljivo, jer privatni kapital koji je prvenstveno vođen profitom ne može da osigura sigurno i pouzdano snabdevanje električnom energijom stanovništva i privrede. U našoj zemlji, do delimične deregulacije tržišta dolazi tek posle 2000. godine. Planirano je da tržište postane potpuno liberalizovano do 2015. godine. Sve veće investicije koje se sprovode danas u našoj zemlji, pod kontrolom su Elektroprivrede Srbije.

Teško je danas utvrditi koliki je tačan broj investicija u hidroelektrane širom sveta. Poslednjih dvadesetak godina dolazi do upliva privatnog kapitala u projekte ovog tipa. Ipak, danas najveći projekti u Kini su i dalje pod kontrolom i finansiranjem javnog sektora⁶⁹. U Indiji sa druge strane dolazi do smanjivanja učešća hidroenergije na račun upotrebe fosilnih goriva, što po opštem mišljenju nije dobar pravac.

Još uvek nema potpuno privatnih investicija u hidroelektrane velikih kapaciteta. Razlog za takvo stanje je period povraćaja koji je veoma dugačak (meri se u desetinama godina) i rizik investicije koji je sveprisutan. Privatni kapital se do sada više slivao u razvoj elektrana na fosilna goriva, jer je povraćaj mnogo brži.

Hidropotencijal je relativno ravnomerno raspoređen na svim kontinentima. Naravno, stepen iskorišćenosti rečnog potencijala se drastično razlikuje po delovima sveta. U Evropi gotovo da više ne postoji prostora za nove mega projekte. Zato sa druge strane, u zemljama sa najbržim privrednim rastom i najvećim rastom tražnje za električnom energijom, postoji dosta prostora za nove hidrocentrale velikih snaga. U daljoj analizi fokus će biti usmeren na neke od ovih zemalja kao što su Brazil i Turska. Uporediće se načini na koji su finansirane hidroelektrane u ovim zemljama, sa projektima koji trenutno postoje u našoj zemlji.

⁶⁹Head C: *A Fresh Start: Prospects for Financing Hydropower in Developing Countries*, UN Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, PR China, 2004; str. 4



Grafikon 2: Raspored neiskorišćenog hidropotencijala po delovima sveta⁷⁰

Modeli finansiranja u hidroenergetici su morali da se transformišu u prethodnih dvadesetak godina. Svi veći projekti u Evropi i Severnoj Americi realizovani su pre devedesetih godina dvadesetog veka. Skoro svi su bili finansirani od strane vlada država i snažnih državnih energetske korporacije. Stvari su se ipak promenile poslednjih dvadesetak godina. Ne postoje neograničena državna sredstva kojima bi se finansirali ozbiljni hidroenergetski projekti. Zato je potrebno da dođe do saradnje privatnog i javnog kapitala. Privatni kapital nije spreman da se sam upusti u realizaciju ovakvih projekata zbog već pomenutog rizika i perioda povraćaja sredstava. Potrebna je snažna podrška i garancija vlade i državnih kompanija.

U kontekstu sposobnosti da se prikupe potrebna sredstva za realizaciju izvesnog projekta, termoelektrane su imale dominantan položaj u odnosu na hidroelektrane. Vlasnici kapitala bili su spremniji da investiraju u elektrane na fosilna goriva, prvenstveno u elektrane na prirodni gas, zbog neuporedivo manjeg rizika i njihove isplativosti⁷¹. U narednoj tabeli su dati uporedni pregledi termo i hidrocentrala.

⁷⁰Head C: *A Fresh Start: Prospects for Financing Hydropower in Developing Countries*, UN Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, PR China, 2004; str. 5

⁷¹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 4

Tabela 6: Odnos termocentrala i hidrocentrala prema različitim kriterijumima za donošenje odluka⁷²

	Termo	Hidro
Investicioni troškovi (USD/kW)	400 – 1.400	800 – 3.000
Troškovi poslovanja	Visoki	Niski
Rizici u izgradnji	Niski	Visoki
Vreme izgradnje (godine)	2 – 4	3 - 6
Vek trajanja (godine)	15 – 20	Preko 50
Troškovi rashodovanja	Postoje	Ne postoje
Elektro i mehanička postrojenja	80%	30%
Uticaj na okruženje	Veliki	Veliki
Tehnologija	Promenljiva	Stabilna

U trenucima kada se stimuliše proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora i kada se teži da se smanji emisija ugljen dioksida u atmosferu, udeo hidroenergije u svetu se smanjuje. Ulaganje privatnog kapitala u proizvodnju električne energije je u odnosu 40:1 u korist termoelektrana⁷³. Pod hitno se moraju sprovesti mere i stimulisati javno-privatna partnerstva sa ciljem izgradnje sve više hidrocentrala kako bi se povećalo njihovo učešće u ukupnoj proizvodnji energije na planeti.

6.1. Javno – privatna partnerstva

Pojam javno privatnih partnerstava⁷⁴ se vezuje za Sjedinjene Američke Države gde je i nastao. U početku se samo odnosio na fondove koji su bili namenjeni razvoju obrazovanja. Kasnije se odnosio i na finansiranje komunalne infrastrukture, a od šezdesetih godina dvadesetog veka koristi se i za druge projekte koji su finansirani na ovaj način.

⁷²Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 5

⁷³Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. ix

⁷⁴Benković S, Barjaktarović Rakočević S: *Modeli javno-privatnog partnerstva u finansiranju infrastrukturnih projekata*, VIII skup privrednika i naučnika, Beograd, 2011; str. 490

Kao osnovni model ovakvog vida saradnje javljaju se koncesije. Ugovor o koncesiji se generalno sklapa između privatnog investitora i države. Privatnom investitoru se omogućava da finansira, izgradi i koristi određeni infrastrukturni objekat. Korišćenje te infrastrukture se odnosi na određeni broj godina. Po isteku ugovorenog vremenskog perioda, infrastrukturni objekat prelazi u vlasništvo države i država nastavlja da ubira plodove. Ovakvi ugovori imaju dugu tradiciju i osnovna prednost je potpuno prenošenje odgovornosti za izgradnju objekta na privatnog investitora. U slučaju „*greenfield*“ investicija, od privatnog partnera se očekuje da izgradi potpuno novu infrastrukturu, mada može postojati i zajedničko ulaganje privatnog i javnog investitora.

Najčešći ugovori⁷⁵ u kojima postoje zajedničke aktivnosti i privatnog i javnog sektora su sledeći:

- Izgradi-upravljaj-prenesi (BOT), u slučaju kojeg privatni investitor sprovodi sve aktivnosti kako bi realizovao projekat. Te aktivnosti se kreću od izrada studija opravdanosti pa do puštanja objekta u rad. Zatim, do trenutka isteka ugovora, privatni investitor koristi objekat i konačno ga transferiše u ruke javnog korisnika. Čitav ovaj proces je pod budnim okom državne kontrole.
- Izgradi-poseduj-upravljaj-prenesi (BOOT), koji se od prethodnog ugovora razlikuje po tome što je u vreme trajanja ugovora objekat u vlasništvu privatnog investitora. On može usluge naplaćivati od korisnika, ali takođe može naplaćivati usluge i javnom partneru. Po isteku ugovorenog roka, objekat se transferiše u vlasništvo države.
- Projektuj-izgradi-finansiraj-upravljaj (DBFO), gde privatni investitor osmišljava čitav projekat, sprovodi ga u delo i na kraju upravlja njime. Infrastrukturni objekat se obično uzima u dugoročni najam, a država, odnosno javni partner u takvoj situaciji zadržava vlasništvo nad istim.

Pored tri prethodno navedena ugovora, u kojima se po isteku ugovorenog roka upravljanje prebacuje na državu, postoje i ugovori gde privatni investitor zadržava

⁷⁵Benković S, Barjaktarović Rakočević S: *Modeli javno-privatnog partnerstva u finansiranju infrastrukturnih projekata*, VIII skup privrednika i naučnika, Beograd, 2011; str. 493

pravo svojine nad izgrađenim objektom⁷⁶. Jedan od najčešćih ugovora ovakvog tipa je ugovor izgradi-upravljaј-poseduј (BOO).

Takođe treba napomenuti i ugovore⁷⁷, kupi-izgradi-upravljaј (BBO) i obnovi-poseduј-upravljaј (ROO), kod kojih privatni investitor preuzima vlasništvo, a zatim ulaže svoja sredstva u preuzete objekte. Kasnije, korišćenjem tih objekata pruža odgovarajuće usluge javnom partneru. Po isteku ugovorenog roka, investitor nema obavezu prenosa vlasništva na državu.

Vlada svake države je ta koja teži da privuče privatne investitore u hidroenergetski sektor. Potrebno je dati odgovore na neka od sledećih pitanja⁷⁸. Prvi problem odnosi se na fazu projekta u kojoj je najbolje uključiti privatni sektor. Sledeći problem odnosi se formu u kojoj će se uključiti privatni kapital, a kao poslednje pitanje, postavlja se način na koji će investitor da se uključi u posao. Pred vladom se nalazi više mogućnosti vezano za ove probleme.

Generalno postoje tri faze projekta u kojima se privatni investitori mogu priključiti projektu. Te tri faze⁷⁹ su: faza definisanja problema, faza izgradnje i realizacije i poslednja faza upravljanja.

U svetu su prisutna tri načina⁸⁰ na koje se vlade država odlučuju kada su u pitanju prethodno navedeni problemi.

Prva mogućnost se odnosi na prodaju ili iznajmljivanje već realizovanih projekata od strane vlade. U velikom broju zemalja, hidrokapaciteti koje je izgradila vlada po okončanju projekta budu privatizovani. Novac koji se dobije privatizacijom hidropostrojenja može se koristiti za sledeće projekte koji će po istom modelu biti

⁷⁶Benković S, Barjaktarović Rakočević S: *Modeli javno-privatnog partnerstva u finansiranju infrastrukturnih projekata*, VIII skup privrednika i naučnika, Beograd, 2011; str. 493

⁷⁷Benković S, Barjaktarović Rakočević S: *Modeli javno-privatnog partnerstva u finansiranju infrastrukturnih projekata*, VIII skup privrednika i naučnika, Beograd, 2011; str. 494

⁷⁸Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 77

⁷⁹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 77

⁸⁰Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 77, 78, 79, 80

privatizovani po svom okončanju. Pored ovoga, vlada može da se opredeli da ne proda kapacitete, već da ih da u zakup privatnom investitoru. U tom slučaju zakupac će upravljati objektom i refinansiraće izgradnju kroz plaćanje nadoknade, a vlada neće izgubiti vlasništvo nad elektranom. Sa aspekta sposobnosti prikupljanja kapitala, prodaja već postojećih hidrokapaciteta je bez sumnje najlakši način uvlačenja privatnih finansijera u posao. Projekti koji ne bi mogli da budu finansirani iz privatnih izvora, na ovaj način brzo mogu biti refinansirani po svom okončanju. Ovakav model se koristi u Kini. Tamo su već izgrađene termoelektrane, koje su finansirane iz kredita Svetske Banke, kasnije refinansirane privatnim sredstvima. Ipak, postoje kontraverze koje prate prodaju hidrokapaciteta. Privatni investitori teže da što brže povrate svoja sredstva, a posledica toga je manjak investicija u održavanje samog objekta. Bilo kako bilo, veza između privatizacije izgrađenih objekata i daljih investicija u nove objekte je nesumnjiva.

Drugi model, koji je možda i najčešći, podrazumeva da inicijativa za projekat kao i sve analize i studije potiču iz javnog sektora. Privatni kapital ulazi kasnije, kada se već krene u realizaciju samog projekta. Većina novijih hidroelektrana se gradi po ovakvom modelu. Ipak, veliki broj studija i analiza ne pređe u fazu izgradnje. Razlog tome je dizbalans između onoga što je dobro za sistem i onoga u šta su privatni investitori spremni da ulože novac. Neki projekti su veoma skupi ili riskantni da bi iko preuzeo obavezu finansiranja. U takvim situacijama čak i potencijalno snažni investitori odustaju zato što imaju nedostatak informacija i nedovoljne garancije vlade. Ipak, ako se prevaziđu navedeni problemi, ovo može biti najbolji način finansiranja hidroelektrana.

Treći model podrazumeva da se privatni kapital javlja u svim fazama projekta, od početne ideje do završetka i puštanja u rad energetskog objekta. Sa aspekta privatnog investitora, ovo nije primamljiv metod zato što pripremne radnje (studije opravdanosti, izvodljivosti itd), zahtevaju mnogo resursa. Za izradu svih studija potrebno je od 12 do 24 meseca i troškovi njihove izrade kreću se od 3% do 5% ukupne vrednosti investicije⁸¹. Da bi ovakav model bio ostvariv, privatnom investitoru je potrebno da ima snažnu podršku vlade. Ta podrška ne mora biti novčana, već

⁸¹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 79

može biti u obliku podrške za prevazilaženje svih neophodnih pravno-administrativnih prepreka.

6.2. Izvori finansiranja

Danas je veoma teško finansirati izgradnju hidrocentrala isključivo iz sopstvenih sredstava. Jedina varijanta koja dolazi u obzir u većini zemalja predstavlja kombinaciju sopstvenih i pozajmljenih sredstava. Taj odnos uglavnom iznosi 3:1 u korist pozajmljenih sredstava⁸².

Veliki broj projekata izgradnje hidroelektrana finansira se kroz novoformirano lokalno preduzeće specijalno organizovano za te svrhe. Vlasnički kapital u osnovanom preduzeću poseduju svi investitori. Posmatrajući veliki broj do sada realizovanih projekata, učešće sopstvenog kapitala⁸³ u ukupnoj vrednosti projekta iznosi 27%. Po pojedinačnim projektima ovaj procenat varira od 15% do 40%. Visina sopstvenih sredstava koja su uključena u projekat zavise od percepcije rizika koji ima kreditor prema konkretnom projektu. Što je veći rizik koji postoji, to je veći udeo sopstvenog kapitala u ukupnoj vrednosti projekta i obrnuto.

Prema podacima koji postoje u vezi sa već realizovanim projektima, oko 30% pozajmljenih sredstava obezbeđuje javni sektor⁸⁴. Izvor ovih sredstava uglavnom su velike međunarodne razvojne banke⁸⁵. One mogu obezbeđivati novac kroz kreditiranje javnog preduzeća ili kroz direktno ulaganje u novoformiranu kompaniju koja će realizovati projekat.

⁸²Head C: *The Financing of Water Infrastructure A Review of Case Studies*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2006; str. 50

⁸³Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 46

⁸⁴Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 47

⁸⁵Neke od najpoznatijih međunarodnih razvojnih banaka su Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), Međunarodna banka za obnovu i razvoj (IBRD), Interamerička razvojna banka (IADB), Azijska razvojna banka (ADB)

Investitori privatnog kapitala, koji ulažu u projekte izgradnje hidroelektrana, mogu se podeliti u sledeće grupe⁸⁶:

- Inostrane državne energetske korporacije koje imaju snažnu osnovu i iskustvo u razvoju hidrocentrala, kao što su *Statkraft* (Norveška), *Vattenfall* (Švedska), *EdF* (Francuska), *Elektrobras* (Brazil) itd.
- Inostrane građevinske kompanije koje su dominantno usmerene na izgradnju brana i hidroobjekata.
- Nezavisni proizvođači električne energije i trgovci električnom energijom.
- Domaće korporacije koje uopšte ne moraju poticati iz sektora energetike.

U ne malom broju slučajeva, domaća državna elektroprivreda se javlja kao investitor koji ima udeo u novoj kompaniji vezanoj za projekat. Ovakva situacija postoji u slučaju svakog velikog projekta, kako u svetu tako i u našoj zemlji.

Preostale tri četvrtine troškova projekta obezbeđuju se iz kredita. Sredstva se prikupljaju putem kredita i garancija iz različitih izvora⁸⁷.

Izvozno kreditne agencije obezbeđuju kredite, ali i garancije i podršku bankama kreditorima. Važno je da banke poštuju kriterijume OECD-a i ovlašćenih agencija za promociju izvoza. Ovakav vid kreditiranja je generalno prisutan u energetskom sektoru, mada što se tiče hidroelektrana postoje izvesna ograničenja. Ta ograničenja odnose se na činjenicu da je vrlo mali deo projekta izgradnje hidroelektrane izvozno orijentisan.

Međunarodne razvojne banke, kao što su EBRD (Evropska banka za obnovu i razvoj) i ADB (Azijska razvojna banka), igraju važnu ulogu u finansiranju projekata izgradnje hidroelektrana. Uloga ovih banaka sastoji se u obezbeđivanju direktnih kredita za finansiranje projekata, ali i u obezbeđivanju garancija i osiguranja za

⁸⁶Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 48

⁸⁷Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 48, 49

ovakve projekte. Razvojne banke su uključene u programe garancija Svetske Banke i programe osiguranja od političkih rizika, koje je razvila MIGA⁸⁸.

Komercijalne banke obezbeđuju znatne sume pod okriljem kreditno izvoznih agencija, a mali procenat u obliku čistih komercijalnih kredita. Na velikom broju tržišta komercijalni krediti su relativno ograničenog obima za ovakve svrhe, i kombinovano sa kratkim grejs periodom i visokom kamatnom stopom, predstavljaju neatraktivan izvor finansiranja. Krediti denominirani u domaćoj valuti često imaju vrlo visoku kamatnu stopu. Pošto su međunarodni komercijalni krediti uglavnom na leđima fondova izvoznih kreditnih agencija, a kao što je već rečeno hidroelektrane nisu izvozno orijentisane, izgledi za dobijanje ozbiljnijih komercijalnih kredita su drastično umanjeni.

Izdavanje obveznica za potrebe finansiranja hidroprojekata je još uvek vrlo retko. Izgradnja jedne hidroelektrane na Filipina bila je prvi veliki projekat koji je finansiran prodajom obveznica na tržištu hartija od vrednosti SAD. Obveznice su bile ocenjene kreditnim rejtingom BB od strane agencije *Standard & Poor*⁸⁹. Njihovom prodajom brzo je sakupljeno oko 270 miliona dolara, a period dospeća iznosio je od 10 do 15 godina. Još jedan veliki hidroprojekat je finansiran na ovaj način⁹⁰. Za potrebe izgradnje hidroelektrane Pange u Čileu, prodajom obveznica na domaćem tržištu sakupljeno je 81 milion dolara. Ipak, pošto je ova hidroelektrana u vlasništvu države, to nije bio pravi test lokalnog tržišta hartija od vrednosti kao izvora finansiranja za hidrocentrale.

Uprkos tome što su glavni radovi na izgradnji hidrocentrala lokalnog karaktera, lokalni izvori finansiranja gotovo i da ne postoje. Važno je naglasiti da se ovde misli na relativno siromašnije zemlje, u koje se svrstava i naša. Najveći procenat sredstava dolazi iz međunarodnih izvora i u stranoj valuti. Rizik koji postoji zbog ovakvog načina finansiranja prikazao se u pravom svetlu u pojedinim azijskim zemljama. Devalvacije domaće valute u Indoneziji i Tajlandu dovele su do toga da

⁸⁸MIGA – Multilateralna agencija za garancije investicija

⁸⁹*Standard & Poor* je jedna od tri velike svetske agencije za ocenu kreditnog rejtinga. Druge dve su *Moody's* i *Fitch*

⁹⁰Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 49

javna preduzeća, ali ni država, nisu bili u mogućnosti da finansiraju obaveze dospele po osnovu inostranih kredita⁹¹. Da bi se izbegla ovakva opasnost, za finansiranje projekata izgradnje hidroelektrana bolje je naći izvore u domaćoj valuti. To nije lak zadatak u zemljama kao što je naša, gde domaća valuta nije stabilna i gde ne postoji dobro razvijeno tržište kapitala.

Uloga vlade domaćina je ključna za realizaciju jednog ovakvog projekta. Počev od značaja samog objekta pa do svih rizika i problema koji postoje na putu do završetka, ne bi bilo moguće ništa uraditi bez podrške vlade i vladinih tela. Generalno gledano, uloga vlade u realizaciji projekta može biti višestruka⁹². Kao vlasnik kapitala u hidroelektrani, vlada može učestvovati davanjem koncesije ili svojim direktnim finansiranjem. Obezbeđivanje kredita kroz javne finansijske institucije i javna preduzeća ili direktno od strane vlade, još jedan je vid podrške koji pruža zemlja domaćin. Vlada takođe može da prihvati obavezu da uskoči u projekat u slučaju propasti prvobitnih investitora ili u slučaju nekog drugog zastoja koji nastane. Već je rečeno da je hidrološki rizik nešto što nije moguće zaobići i da u slučaju nepovoljnih hidroloških prilika postoje ozbiljni problemi u radu hidrocentrala. Uloga države u ovakvim situacijama treba da bude takva da obezbedi potrebne fondove iz kojih će se pokrivati nedostatak prihoda u slučaju privremeno loših hidroloških uslova. Kada se planira da iz nove hidroelektrane najveći deo proizvodnje ide u izvoz, uloga države se drastično smanjuje. Vlada po pravilu ima malo mogućnosti da utiče na ugovor koji hidroelektrana sklapa sa inostranim kupcem. Kod takvih aranžmana hidroelektrane su prepuštene same sebi.

U daljoj analizi obratiće se pažnja na pojedinačne primere u zemljama koje su napredne što se tiče realizacije projekata u oblasti hidroenergetike. Razvijene zapadnoevropske zemlje su već do 2000. godine iskoristile najveći deo svog hidropotencijala, pa će stoga pažnja biti usmerena na države sa visokim stopama privrednog rasta, gde je moguće realizovati ozbiljne hidroenergetske projekte.

⁹¹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 49

⁹²Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 51

6.3. Model finansiranja u Turskoj

Turska⁹³ je obično označena kao most između istoka i zapada. Na zapadu se graniči sa Grčkom i Bugarskom, dok su joj na istoku susedi Gruzija, Jermenija, Iran, Irak i Sirija. Na severnoj strani izlazi na Crno more, dok je na jugu zapljuskuje Sredozemno more. Država ima površinu od 783.562 km^2 i procenjuje se da u njoj živi blizu 80 miliona ljudi. Moderna Turska je formirana na ostacima Osmanlijskog carstva 1923. godine, a višepartijska demokratija uvedena je 1950. godine. Snažnu ekonomiju predvode industrija i sektor usluga. Dobro sprovedenom privatizacijom, uticaj države u baznoj industriji, bankarstvu, transportu i telekomunikacijama je znatno smanjen. Posle nekoliko finansijskih kriza tokom 2001. godine, monetarne i fiskalne reforme ojačale su ekonomiju i uvele privredu u eru neprekidnog rasta. Do 2009. godine prosečni godišnji privredni rast iznosio je preko 6%, ali je sa početkom svetske ekonomske krize smanjen na oko 4,5% godišnje. Nominalni bruto domaći proizvod Turske danas iznosi oko 780 milijardi američkih dolara.

Primarni izvori energije u Turskoj su ograničeni. Tokom 2009. godine, samo 24% ukupne tražnje za energentima je zadovoljeno iz domaćih izvora. Turska je neto uvoznik nafte, prirodnog gasa i uglja. Procene su da hidropotencijal Turske iznosi oko 128.000 GWh godišnje, dok je trenutno iskorišćeno samo 3.000 GWh godišnje. U fazi realizacije je dosta projekata izgradnje hidroelektrana. Drugi obnovljivi izvori, kao što su geotermalna energija, energija vetra i solarna energija, mogli bi u značajnoj meri da budu iskorišćeni⁹⁴.

Do 1993. godine, elektroenergetskim sektorom dominirala je državna vertikalno integrisana kompanija TEK i te godine je došlo do razdvajanja na dve nezavisne kompanije. Proizvodnja, prenos i veleprodaja električne energije pali su u nadležnost kompanije TEAS, dok je sve distributivne aktivnosti obavljala kompanija TEDAS. Dalje, tokom 2001. godine donet je novi zakon o tržištu električne energije. Prema tom zakonu, TEAS je podeljen na EUAS (proizvodnja električne energije), TEIAS (prenos električne energije) i TETAS (trgovina električnom energijom na veliko). Za

⁹³<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tu.html> (septembar 2012)

⁹⁴Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 62

potrebe kontrole energetskog tržišta, osnovano je vladino regulatorno telo EMRA. Planirana privatizacija za sada je samo zahvatila deo distribucije električne energije. Država je podeljena na 21 distributivni region, a 20 ih kontroliše državna kompanija TEDAS. Turska trenutno planira da proda deo svojih proizvodnih kapaciteta, instalisane snage oko 16.000 MW. Ukupni turski kapaciteti za proizvodnju električne energije iznose oko 45.000 MW, od čega je 80% u termocentralama koje rade na prirodni gas, ugalj i naftu, a 20% u hidrocentralama i drugim obnovljivim izvorima. Najveći potrošač električne energije je industrija, koja u ukupnom konzumu učestvuje sa više od 50%. Tarifni sistem u Turskoj je prošao kroz tranziciju od državno strogo kontrolisanih cena do cena u čijoj se osnovi nalaze svi neophodni troškovi⁹⁵.

Hidroelektrana Birečik (*Birecik*) je jedna od centrala na reci Eufrat, u regionu Jugoistočne Anadolije. Danas, na turskom delu toka Eufrat, postoji pet kaskadnih hidroelektrana – *Keban*, *Karakaya*, *Ataturk*, *Birecik* i *Karkamis*. Birečik je najmlađa hidrocentrala od ovde pomenutih. Ovaj objekat je značajan sa dva aspekta. Prvi je zbog svoje veličine od 672 MW⁹⁶ instalisane snage, a drugi je što je ovo prva hidroelektrana finansirana iz privatnih izvora u Turskoj⁹⁷. Bilo je potrebno devet godina kako bi se zatvorila finansijska konstrukcija za ovu elektranu. Prva studija opravdanosti urađena je 1986. godine, a 1995. su obezbeđena sva neophodna sredstva za njenu realizaciju.

Osnovni elementi ovog projekta bili su brana 62 metra visoka i 2,5 kilometra dugačka, četiri prelivnika i proizvodno postrojenje koje čini 6 generatora pojedinačnih snaga po 112 MW.

Investitorima je odobrena realizacija projekta i data im je ekskluzivnost na njemu 1993. godine, a prvi obavezujući ugovor potpisan je 1995. godine. Finansijska konstrukcija je zaključena u novembru 1996. godine.

⁹⁵Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 62, 63

⁹⁶<http://www.verbundplan.sitewebadam.com> (septembar 2012)

⁹⁷Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 111



Slika 9: Hidroelektrana Birecik, Turska⁹⁸

U inicijalnom ugovoru⁹⁹ između novoformirane kompanije zadužene za projekat i Ministarstva energetike i prirodnih resursa, kompanija je otkupila pravo da realizuje projekat i da ga iskorišćava 15 godina nakon završetka istog. Dogovoreno je da kompletnu proizvodnju električne energije u tih 15 godina otkupljuje državna kompanija TEAS. TEAS je takođe posedovao 30% udela u novoj kompaniji. Po isteku ugovorenih 15 godina, hidroelektrana treba da bez ikakvih troškova pređe u ruke Ministarstva energetike i prirodnih resursa.

Privatni investitori su formirali konzorcijum koji su činili i inostrani i domaći partneri. Kompanije koje su bile u konzorcijumu, dolazile su iz sektora građevinarstva, proizvođača elektro i mašinske opreme i trgovaca. Na čelu konzorcijuma nalazile su se francuska kompanija Segele (*Cegelec*) i nemački Filip Holcman (*Philipp Holzmann*), obe iz sektora građevinarstva. Zajedno sa javnom turskom kompanijom TEAS formirali su firmu Birecik Kompani (*Birecik Company*)¹⁰⁰.

Ugovor koji je kasnije potpisan između hidroelektrane i kompanije TEAS, pokriva svih 15 godina koliko traje koncesija i zasniva se na principu „*take or pay*“.¹⁰¹ Sve cene u ugovoru bile su denominirane u nemačkim markama, kako bi se prilagodile stvarnim troškovima izgradnje i proizvodnje. Na ovaj način je ukupni rizik prešao na

⁹⁸<http://www.verbundplan.sitewebadam.com> (septembar 2012)

⁹⁹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 111

¹⁰⁰Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 111

¹⁰¹„*take or pay*“ ugovor – ugovor prema kojem se prodavac obavezuje da će proizvesti ili nabaviti ugovorenu količinu proizvoda za kupca, a kupac se obavezuje da će tu ugovorenu količinu platiti, bez obzira da li je preuzme ili ne

kupca, u ovom slučaju na tursku javnu energetska kompaniju. Uzet je u obzir i hidrološki rizik tako što je u ugovoru definisano da se očekuje šestomesečna proizvodnja u zavisnosti od prosečnog protoka u protekle tri godine. TEAS je takođe preuzeo na sebe i rizik deviznog kursa.

Ukupna vrednost projekta iznosila je 2.262 miliona nemačkih maraka¹⁰². Po tadašnjem kursu, to je iznosilo oko 1.250 miliona američkih dolara. Odnos pozajmljenog i sopstvenog kapitala iznosio je 85:15 u korist pozajmljenih sredstava. Najveći deo pozajmljenih sredstava, bio je obezbeđen uz pomoć izvozno kreditne agencije. Ta suma iznosi oko 65% ukupnih troškova projekta. Ostatak pozajmljenih sredstava obezbeđen je iz kredita komercijalnih banaka. Ukupno je 44 komercijalne banke učestvovalo u finansiranju ovog projekta.

Turska vlada je garantovala za ugovoreni deo posla koji je trebalo da obavi TEAS. Osim toga, pružene su garancije Elektroenergetskog fonda, da će se prekoračenje troškova u određenim poslovima (npr. čišćenje rezervoara i završni radovi na elektrani) pokriti iz ovog fonda.

U slučaju neispunjavanja obaveze otplate kredita, turska vlada je bila spremna da preuzme obavezu otplate kredita na sebe i realizuje projekat izgradnje hidrocentrale do kraja.¹⁰³

Od 1998. godine najznačajniji učesnik u projektu je austrijska energetska korporacija Ferbund (*Verbund AG*), koja je to ostala i do danas. Projekat izgradnje je završen 2000. godine, a elektrana je konačno puštena u rad 3. oktobra 2001. godine. Trenutni vlasnici hidroelektrane su:¹⁰⁴

- *Verbund Hydro Power AG* (Beč, Austrija) – 70%
- *Strabag AG* (Beč, Austrija) – 25%
- *Pöyry Energy GmbH* (Beč, Austrija) – 5%

2016. godine je planirano da hidroelektrana pređe u vlasništvo Vlade Turske.

¹⁰²Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 112

¹⁰³Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 112

¹⁰⁴<http://www.verbundplan.sitewebadam.com> (septembar 2012)

Turska je imala dobra iskustva što se tiče ovakvog modela finansiranja hidroelektrana. Zbog sve većeg porasta tražnje za električnom energijom, traže se novi ulagači u hidroenergetski sektor. U ovom trenutku najvažniji investitor je norveški Statkraft. Statkraft je najveći evropski proizvođač energije iz obnovljivih izvora, a u Turskoj se angažovao na dva projekta izgradnje hidrocentrala.

Hidroelektrana Četin (*Cetin*) je trenutno najveći projekat koji se realizuje u Turskoj. Locirana je na reci Botan, koja je pritoka Tigra u regionu Jugoistočne Anadolije. Za realizaciju projekta formirana je firma *Cetin Enerji A.S.* koja je ćerka firma Statkrafta. U junu 2009. godine, Statkraft je od strane turske regulatorne agencije (EMRA) dobio odobrenje da izgradi i eksploatiše hidroelektranu u narednih 49 godina. Ova hidroelektrana će se sastojati iz dve brane i dva proizvodna postrojenja. Veštačko jezero koje će nastati izgradnjom ove dve brane zauzimaće površinu od oko 10 km², a planirani kapacitet ove elektrane iznosi 517 MW.¹⁰⁵

Još jedan značajan projekat koji se dešava u Turskoj, predstavlja hidroelektrana Kargi, na reci Kizilmark u severnoj Turskoj. Projekat realizuje kompanija *Kargi Kizilmark Enerji A.S.* koja je u stoprocentnom vlasništvu norveškog Statkrafta. Turska regulatorna agencija je 2007. godine odobrila izgradnju ove hidroelektrane i prodala pravo korišćenja elektrane na 49 godina. Po isteku tog perioda, elektrana prelazi u vlasništvo vlade Turske. Gradnja je počela u januaru 2011, a planira se da bude završena do novembra 2013. godine. Planira se da instalisana snage ove hidroelektrane iznosi 102 MW.¹⁰⁶

¹⁰⁵http://www.statkraft.com/Images/Faktaark%20Cetin%20ENG%2020120104%20final_tcm9-18726.pdf (septembar 2012)

¹⁰⁶http://www.statkraft.com/Images/Faktaark%20Kargi%20ENG_tcm9-18547.pdf (septembar 2012)

6.4. Model finansiranja u Brazilu

Rast bruto domaćeg proizvoda u Brazilu¹⁰⁷ tokom 2010. i 2011. iznosio je 7% godišnje. Iz ovoga se vidi da je Brazil savladao probleme koje je izazvala svetska ekonomska kriza, i dokazao da mu je mesto među najsnažnijim ekonomijama sveta. Izazovi sa kojima se susrela novoizabrana predsednica Dilma Rusef (*Dilma Rousseff*) bili su održavanje privrednog rasta, usporavanje inflacije i zadovoljavanje brzorastuće tražnje stanovništva i privrede u Brazilu. Pre nego što je izabrana za predsednicu, Dilma Rusef je bila ministarka energetike u vladi Brazila. Na izborima je imala snažnu podršku svog prethodnika Lule da Silve. Nastavila je politiku svoga mentora, koji je stimulisao privatne investicije uz istovremeno očuvanje državnog interesa u sektorima od vitalnog značaja. Sa populacijom od blizu 200 miliona ljudi, koji žive na prostoru od 8,5 miliona km^2 , svoj zapanjujući napredak prikazaće svetu kao domaćini dva velika događaja, Svetskog prvenstva u fudbalu i Olimpijskih igara 2014. i 2016. godine, respektivno.

U Brazilu se još uvek može osetiti energetska kriza koja je pogodila zemlju tokom 2001. godine. Brazilski elektroenergetski sistem dominantno zavisi od proizvodnje hidroelektrana. Zbog slabih padavina i nedostatka investicija, energetska kriza bio je pred kolapsom. Trenutna politika u ovoj oblasti je kreirana tako da se prevaziđu nastali problemi, mada se ozbiljni padovi sistema i dalje mogu desiti. Potrošnja¹⁰⁸ električne energije godišnje raste u proseku za 5%, a u 2011. godini dostigla je nivo od 441 TWh. Oko 85% ukupne proizvodnje električne energije u državi potiče iz hidroelektrana. Po ovom pokazatelju Brazil je jedan od lidera u svetu. Do skoro najveća hidrocentrala na svetu, Itaipu, sa instalisanom snagom od 14.000 MW, nalazi se na granici Brazila i Paragvaja. Ako se na ukupnu proizvodnju hidroelektrana, doda i proizvodnja u vetroparkovima i iz biomase, učešće obnovljivih izvora energije prevazilazi 90%.¹⁰⁹ Brazil je mnogo uspešnije sproveo liberalizaciju energetskog tržišta¹¹⁰ od drugih snažnih ekonomija koje su to isto pokušale da urade,

¹⁰⁷<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html> (septembar 2012)

¹⁰⁸Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 10

¹⁰⁹Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 10

¹¹⁰Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011; str. 10

Kine, Indije i Rusije. Proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije nadzire Nacionalna Elektroenergetska Agencija (*ANEEL*), koja vodi računa da ovaj sektor ide u korak sa vladinom politikom i njenim ciljevima. Krajnji potrošači električnu energiju kupuju od lokalnih distribucija, koje tu energiju kupuju od veleprodavaca preko strogo regulisanih aukcija. Paralelno, veliki industrijski potrošači su u mogućnosti da direktno kupuju električnu energiju od državnog preduzeća, ali i od nezavisnih proizvođača energije. Dominantni učesnik na tržištu je državna kompanija *Eletrobras*, koja kontroliše 37% proizvodnih kapaciteta u zemlji. Takođe, *Eletrobras* nastavlja da igra ključnu ulogu u ovom sektoru kroz velike projekte kao što su hidroelektrana Belo Monte i razvoj nuklearnih centrala. Ostali važni igrači su Energetska kompanija države Minas Žerais (*CEMIG*), Energetska kompanija Sao Paula (*CESP*), kao i Traktebel Enerhia (*Tractebel Energia*), najveća privatna energetska kompanija u zemlji koja poseduje 7% ukupnih proizvodnih kapaciteta.

Hidroelektrana Ita u Brazilu je jedan od prvih privatnih proizvodnih kapaciteta u zemlji. Radi se akumulacionoj hidroelektrani koja se nalazi na reci Urugvaj u južnom Brazilu. Osnovna namena elektrane je proizvodnja električne energije, dok pored toga ima još sporednih benefita koje nosi.

Osnovni projekat podrazumeva¹¹¹ branu visoku 125 metara, dva prelivnika, proizvodno postrojenje sa pet generatora od po 290 MW snage, kao i 1,8 kilometara dugačak 500 kV prenosni dalekovod.

Projekat je počeo da se razvija 1977. godine. Razne studije su rađene 13 godina od strane kompanije Eletrosul, ćerke firme državne kompanije Eletrobras. Gradnja elektrane je počela 1990. godine pod pokroviteljstvom države, ali je ubrzo obustavljena zbog nedostatka sredstava. 1994. godine, Eletrosul je raspisao tender za pronalaženje strateškog partnera iz privatnog sektora sa kojim će zajedno završiti projekat. Dva konzorcijuma privatnih firmi su dala svoje ponude, a izabrani konzorcijum obuhvatao je jake lokalne kompanije iz petrohemijske, čelične i industrije cementa. Javnosti je predstavljeno da su investitori projekta navedene privatne kompanije.

¹¹¹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 113

Za realizaciju projekta, investitori su osnovali novu kompaniju *Ita Energetica SA*,¹¹² u kojoj je Eletrosul imao 39% udela. Uloga ove kompanije je zakonom ograničena na izgradnju, finansiranje i davanje u zakup svih kapaciteta hidroelektrane investitorima projekta. Sve ostale ugovore, privatni investitori morali su da potpisuju u svoje ime.

Eletrosul je bio formalni lider konzorcijuma i bio je odgovoran za kvalitet izgrađenih postrojenja i brane, a kasnije i za rad same hidrocentrale. Ukupnu koordinaciju za čitav projekat vodio je odbor direktora koji se sastojao od predstavnika svih članova konzorcijuma. Pravo odlučivanja bilo je srazmerno visini udela u kompaniji.

Privatni investitori su imali zadatak da finansiraju izgradnju hidrocentrale i da nabave svu opremu neophodnu za njen rad. Eletrosul je po dogovoru trebalo da dobija 39% garantovane proizvodnje ili manje, kao zamenu za sva prošla i buduća ulaganja. Ta ulaganja su vezana za sprovedene naučne i tehničke studije, kupovinu potrebnog zemljišta, preseljenje stanovništva, sprovođenje svih mera zaštite životne sredine, izgradnju pristupnih saobraćajnica i neophodnih dalekovoda.

Prema uslovima definisanim u ugovoru¹¹³, privatni investitori projekta imali su pravo na 61% garantovane proizvodnje, za potrošnju u svojim fabrikama, bez obzira na hidrološke prilike, dok je Eletrosul dobijao ostatak koji može da proda krajnjim potrošačima. Iz ovoga se vidi da je hidrološki rizik, koji je veoma prisutan u hidroenergetici, prenet na javno preduzeće.

Takođe, partneri su se dogovorili da svojih 15% garantovane proizvodnje energije, kao i svaki višak koji oni ne iskoriste u svojim fabrikama, prodaju Eletrosulu po tržišnim cenama.

Troškovi izgradnje i pokretanja ove hidrocentrale, iznosili su 1.070 miliona američkih dolara. Odnos pozajmljenog i sopstvenog kapitala iznosio je 75:25 u korist pozajmljenog kapitala. Kredit od 800 miliona dolara je skoro ravnomerno obezbeđen

¹¹²Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 113

¹¹³Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 113

od strane Brazilske nacionalne razvojne banke (*BNDES*) i Inter-američke razvojne banke (*IADB*). Grejs period iznosio je od 12 do 15 godina, u zavisnosti od tipa kredita koji je obezbeđen.

Za obaveze koje je potpisao Eletrosul, garantovala je državna energetska kompanija Eletrobras. 37% ukupne vrednosti projekta, finansirano je u stranoj valuti. Rizik deviznog kursa preuzela je projektna kompanija uz moguću podršku Nacionalne razvojne banke Brazila.

Izgradnja je ugovorena¹¹⁴ po fiksnoj ceni na dan potpisivanja ugovora. Izgradnju je vodio konzorcijum građevinskih firmi na čelu sa kompanijom *CBPO*, koja je u vlasništvu jednog od investitora projekta, kompanije Oderbrech (*Oderbrech*).

Današnji vlasnici hidrocentrale su¹¹⁵:

- *Tractebel Energia SA* (Florianopolis, Brazil) – 69%
- *Companhia Siderurgica Nacional* (Rio de Janeiro, Brazil) – 29,5%
- *Companhia de Cimento Itambe* (Kuritiba, Brazil) – 1,5%

U nastavku će biti opisan još jedan značajan projekat izgradnje hidroelektrane, koji je realizovan u Brazilu.

Gilman Amorim (*Guilman-Amorim*) je protočna hidroelektrana koja je izgrađena u državi Minas Žerais u Brazilu. Osnovni elementi ovog projekta¹¹⁶ su brana visoka 41 metar, proizvodno postrojenje sa četiri generatora pojedinačnih snaga po 35 MW i 3 km dugačak 230 kV prenosni dalekovod koji povezuje elektranu sa prenosnom mrežom CEMIG. Elektrana je napravljena sa ciljem da snabdeva čeličane i rudarska postrojenja, investitora koji je finansiraju.

Ovo je prvi projekat u Brazilu koji je potpuno razvijen u privatnom sektoru, od početnih studija pa do puštanja elektrane u rad. Početkom devedesetih godina

¹¹⁴Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 114

¹¹⁵<http://globalenergyobservatory.org/form.php?pid=43370> (septembar 2012)

¹¹⁶Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 115

prošlog veka, Vlada Brazila je dozvolila privatnim investitorima da proizvode električnu energiju za sopstvene potrebe. Jedni od najvećih potrošača električne energije u Brazilu, *Belgo Minira SA* (čeličane) i *Samarco Mineracao* (rudarstvo), odlučili su da zajednički naprave hidrocentralu, kako bi obezbedili pouzdano snabdevanje i izbegli rizik poskupljenja energenata u budućnosti.

Dve kompanije su osnovale novo preduzeće *UHE Guilman Amorim*,¹¹⁷ koje je u januaru 1995. godine dobilo koncesiju za eksploataciju hidropotencijala za svoje potrebe, na vremenski period od 30 godina.



Slika 10: Hidroelektrana Gilman Amorim, Brazil¹¹⁸

Prema ugovoru sa javnim preduzećem¹¹⁹, dogovoreno je da CEMIG upravlja elektranom u narednih 30 godina. CEMIG se obavezao da će investitorima projekta isporučivati 535 GWh godišnje, kao i maksimum proizvodnje tokom vršnog opterećenja bez obzira na hidrološke uslove reke Pirasirkaba. Najveći deo hidrološkog rizika preuzeo je CEMIG, mada je oslobođen obaveze isporučivanja

¹¹⁷Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 115

¹¹⁸<http://www.uhe-guilmanamorim.com.br> (septembar 2012)

¹¹⁹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 116

garantovane količine energije u situacijama kada je ekstremno nepovoljna hidrološka situacija širom zemlje.

Ukupni troškovi projekta iznosili su 149 miliona američkih dolara, od čega je kapitalnih troškova bilo 112 miliona. Finansijska konstrukcija je zatvorena u odnosu 80:20 u korist pozajmljenih sredstava. Kompletan kredit od 119 miliona dolara obezbeđen je od strane Međunarodne Finansijske Korporacije (*IFC*)¹²⁰. Ostatak od 30 miliona dolara, obezbedili su investitori projekta iz sopstvenih izvora.

Snaga investitora projekta bila je ključna za dobijanje povoljnih kredita. Dva pomenuta giganta bila su spremna da obezbede dodatna sredstva u slučaju prekoračenja troškova ili nekog drugog problema koji nastane u hodu.

Izgradnja¹²¹ je počela 1995. godine, a završena je 2000. godine. Posao je poveren konzorcijumu na čelu sa građevinskom kompanijom Andrade Gutierrez (*Andrade Gutierrez*), a u kojem su još bili nemački *Voith* i *Siemens*. Posao je zaključen po principu ključ u ruke. Današnji vlasnici hidrocentrale su:

- *Arcelor Mittal* (Luksemburg, Luksemburg) – 50%
- *Samarco Mineracao* (Belo Horizonte, Brazil) – 50%

Do sada je bilo reči o projektima koji su uspešno dovedeni do kraja. Sada će ukratko biti predstavljen jedan veoma važan projekat koji je u toku, ali koji ima neizvesnu sudbinu.

Trenutno je najveći projekat koji se sprovodi u Brazilu, ali i jedan od najznačajnijih na svetu, projekat hidroelektrane *Belo Monte*.¹²² Projekat je razvijen od strane federalne vlade Brazila kao nacionalni energetski projekat. Hidroelektrana je planirana na reci Šingu, u severnoj državi Para. Planirano je da se izgradnjom ove centrale, u elektroenergetski sistem ubaci dodatnih 11.233 MW instalisane snage. Sa ovakvim kapacitetom, Belo Monte će biti druga najveća hidrocentrala u Brazilu i treća na

¹²⁰*IFC* je međunarodna finansijska institucija koja se bavi finansiranjem investicija i stimulisanjem privatnih projekata u zemljama u razvoju. Članica je Grupe Svetske Banke.

¹²¹Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000; str. 116

¹²²Brazilian Energy Research Company: *Belo Monte Hydroelectric Dam Project*, EPE & MME, Brazil, 2011; str. 1

svetu. Komercijalno poslovanje planirano je da krene 2015. godine, dok se pun rad svih kapaciteta očekuje 2019. godine.

Projekat¹²³ je pod kontrolom konzorcijuma *Norte Energia*, koji je na aukciji održanoj 2010. godine otkupio pravo na koncesiju. Konzorcijum predstavlja javno-privatno partnerstvo u kojem 49,9% udela ima državna kompanija Eletrobras, dok je ostatak u rukama privatnih firmi iz Brazila.

Belo Monte projekat je u skladu sa brazilskom nacionalnom strategijom da se obezbedi iskorišćavanje prirodnih resursa uz njihovo očuvanje, zaštitu životne sredine i održivi razvoj. Kao veliki dodatni izvor električne energije, koja je preko potrebna sve brže rastućoj privredi i stanovništvu, Belo Monte će uticati na poboljšanje života ljudi.

Inicijalni projekat za ovu hidrocentralu prezentovan je 1989. godine. Današnji projekat se ipak drastično razlikuje od svog prethodnika. Značajno je povećana efikasnost iskorišćavanja rečnog toka i smanjio se negativni uticaj na životnu sredinu kroz više nego dvostruko smanjenje površine akumulacije. Prema odnosu površine akumulacije i instalisane snage, Belo Monte je dosta efikasnija od drugih hidrocentrala u Brazilu. U slučaju nove elektrane ovaj ratio pokazatelj iznosi 0,05 km^2/MW , dok prosek u Brazilu iznosi 0,49 km^2/MW instalisane snage.¹²⁴

Brazilska Energetska Istraživačka Kompanija (*EPE*) je izvršila analizu troškova¹²⁵, baziranu na projektima koji postoje. Prema izrađenim studijama procenjuje se da će vrednost investicije iznositi oko 11 milijardi američkih dolara, dok će se još 1,5 milijardi utrošiti na socijalne programe i programe zaštite životne sredine. Uračunavajući sve ove troškove, kao i kamatnu stopu tokom perioda izgradnje, troškovi po kilovatu instalisane snage iznosili bi negde oko 1.000 dolara. Kada se na troškove proizvodnje energije dodaju troškovi korišćenja prenosnih kapaciteta, dolazi

¹²³Brazilian Energy Research Company: *Belo Monte Hydroelectric Dam Project*, EPE & MME, Brazil, 2011; str. 2

¹²⁴Brazilian Energy Research Company: *Belo Monte Hydroelectric Dam Project*, EPE & MME, Brazil, 2011; str. 3

¹²⁵Brazilian Energy Research Company: *Belo Monte Hydroelectric Dam Project*, EPE & MME, Brazil, 2011; str. 3

se do cene od oko 4 centa po kWh, što je veoma konkurentno i pokazuje da se sa ekonomske tačke gledišta isplati nastavak ovog projekta.



Slika 11: 3D model planirane hidroelektrane Belo Monte, Brazil¹²⁶

Ipak, svi poslovi vezani sa izgradnjom su trenutno u zastoju, jer postoje veliki pritisci od strane domorodačkog stanovništva i pripadnika ekoloških pokreta. Razlozi ovakvim pritiscima leže u činjenici da će veliki broj siromašnog stanovništva Amazonije biti proterano radi izgradnje elektrane. Već sada se plaćaju visoki penali za probijanje rokova u realizaciji projekta i to na žalost povećava ukupne troškove. Kakav će epilog sve imati, videće se u bliskoj budućnosti.

¹²⁶<http://indiancountrytodaymedianetwork.com/2012/08/21/belo-monte-dam-forced-to-an-immediate-halt-by-brazilian-judges-129920> (septembar 2012)

6.5. Stanje u Srbiji

Elektroenergetski sektor u našoj zemlji se drastično razlikuje od dva prethodno opisana. Do devedesetih godina dvadesetog veka postojala je Zajednica Elektroprivreda Jugoslavije, koja je obuhvatala sva elektroprivredna preduzeća iz jugoslovenskih republika. Po okončanju građanskog rata, zajedno sa državom, raspala se i Zajednica Elektroprivreda. Poslednji proizvodni kapacitet koji je izgrađen u našoj zemlji, hidroelektrana „Piroć“, puštena je u rad 1990. godine. Elektroprivreda Srbije (EPS) nastavila je da posluje samostalno u sankcijama izolovanoj zemlji. Jedini cilj u uslovima izolacije i nedostatka sredstava bilo je održavanje sistema. Tokom bombardovanja Jugoslavije 1999. godine, EPS je pretrpeo ogromne gubitke koji se mere u stotinama miliona evra. Takvo stanje bilo bi previše snažan udarac i za elektroprivrede mnogo razvijenijih država. Osim toga, od tada EPS ne upravlja svojim kapacitetima na Kosovu i Metohiji, od čega su najznačajnije ogromne rezerve uglja i dve termoelektrane.

Posle političkih promena 2000. godine, rađeni su veliki, ali ne toliko vidni poslovi na obnavljanju čitavog elektroenergetskog sistema. Bilo je potrebno revitalizovati elektrane, obnoviti i modernizovati mrežu i transformatorke stanice i povezati se sa evropskom mrežom. Svi ovi poslovi zahtevali su značajna materijalna sredstva koja su delom obezbeđena iz donacija, a delom iz sopstvenih izvora. U isto vreme krenulo se u postepenu deregulaciju tržišta električne energije. Planirano je da tržište postane potpuno liberalizovano do 2015. godine, mada uzimajući u obzir krizu u našoj zemlji, teško da će se to i ostvariti. Pridržavajući se direktiva iz Evropske Unije, došlo je i do organizacione transformacije Elektroprivrede Srbije. Jedno vertikalno integrisano preduzeće je podeljena na dva nezavisna privredna subjekta, odnosno dva javna preduzeća. Elektroprivreda Srbije se danas bavi proizvodnjom električne energije i njenom distribucijom, dok se Elektromreža Srbije bavi prenosom električne energije. Oba preduzeća su monopolisti u poslovima kojima se bave.

U okviru EPS-a posluje 12 zavisnih privrednih društava, od kojih je 7 za proizvodnju električne energije i uglja, a 5 za distribuciju električne energije. Instalirana snaga

svih raspoloživih proizvodnih kapaciteta EPS-a iznosi 7.124 MW.¹²⁷ Od toga se 40% električne energije proizvodi u hidroelektranama. Tražnja za električnom energijom raste iz godine u godinu. Trenutni kapaciteti nisu dovoljni da zadovolje tražnju u svakom trenutku. Svake zime, zbog potrošnje koja prevazilazi moguću proizvodnju, EPS uvozi ogromne količine električne energije po veoma visokim cenama. Počelo je da se razmišlja u pravcu pokretanja novih proizvodnih kapaciteta. Termoelektrane nisu objekti koje treba uzimati u obzir zbog rezervi uglja koje su na izmaku. Kao jedino trenutno rešenje ostaje izgradnja novih hidroelektrana. Projekti o kojima se govori su HE na Velikoj Moravi, HE na Drini, HE na Ibru, RHE Bistrica i RHE Đerdap 3. U daljoj analizi biće predstavljen projekat izgradnje hidroelektrana na Ibru.

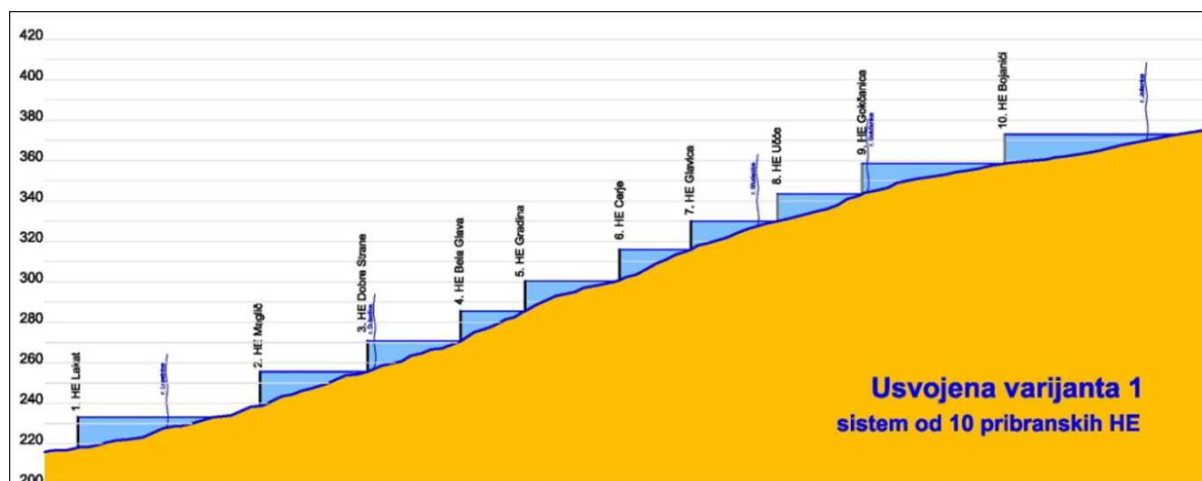
Tokom 2009. godine, države Srbija i Italija zaključile su protokol o saradnji u oblasti energetike. EPS i italijanska firma Seći Enerđija (*SECI Energia SpA*) označeni su kao strateški partneri u projektima za proizvodnju električne energije. U oktobru iste godine, prema sporazumu iz Rima, odlučeno je da prvi projekat u zajedničkoj saradnji bude izgradnja hidroelektrana na Ibru. O EPS-u kao jednom od investitora je već dosta rečeno. Drugi investitor, preduzeće Seći Enerđija osnovano je 2005. godine kao članica holdinga Makaferi (*Gruppo Maccaferri*). Sedište preduzeća je u Bolonji u Italiji i specijalizovano je za poslove u energetskom sektoru. Vlasništvo nad preduzećem ima porodica Makaferi, na čelu sa Gaetanom Makaferijem (*Gaetano Maccaferri*). Za realizaciju projekta formirano je posebno preduzeće pod imenom "PD Ibarske hidroelektrane" u kome vlasništvo dele Seći i EPS u odnosu 51:49. Ovde se radi o partnerstvu između javnog preduzeća i privatne kompanije, sa snažnom podrškom vlada obe države.

Ciljevi koji žele da se postignu realizacijom ovog projekta su višestruki. Energetski potencijal reke Ibar je potpuno neiskorišćen. Izgradnjom novih hidroelektrana iskoristio bi se delimično hidropotencijal Ibra i uticalo se na poboljšanje stabilnosti elektroenergetskog sistema Srbije. Za izgradnju samih objekata bili bi angažovani privredni subjekti iz naše zemlje. Pored toga, investicija ovakvog obima u relativno nerazvijenoj opštini, dovela bi do zapošljavanja lokalne radne snage i delimičnog pokretanja privrede. Takođe, Opština Kraljevo bi naplaćivala resursnu rentu za

¹²⁷<http://www.eps.rs/Pages/Article.aspx?lista=Sitemap&id=40> (septembar 2012)

korišćenje voda na njenoj teritoriji, što iznosi od 2% do 3% od prihoda koji će ostvarivati hidroelektrane. Sve ovo treba uvažiti kod odluke o pokretanju ovog i njemu sličnih projekata.

Postojalo je više varijanti vezano za broj hidroelektrana i njihov instalisani kapacitet. Posle dužih razmatranja usvojeno je rešenje od 10 pribranskih protočnih kaskadnih hidroelektrana. Svih 10 hidroelektrana planirano je da bude izgrađeno na relaciji između Kraljeva i Raške u dužini od 55 km toka Ibra. Osnovne prepreke za izgradnju elektrana predstavljaju naselja i putna i železnička infrastruktura. Ibarska kotlina je relativno slabo naseljena, pa to predstavlja olakšavajuću okolnost. Od naseljenih mesta, na ovom potezu nalaze se Bogutovac, Ušće, Biljanovac i Baljevac. Ni jedno od pomenutih mesta neće biti ugroženo izgradnjom hidroelektrana. Pruga ne sme da se potapa na čitavoj dužini svoje trase i ona predstavlja najveću prepreku. Da je dozvoljeno izmeštanje železničke infrastrukture, ukupna snaga hidroelektrana mogla je da bude značajno uvećana. Putna infrastruktura se potapa u dužini od nekih osam kilometara.



Slika 12: Prikaz planiranih 10 hidroelektrana na Ibru¹²⁸

Na slici je dat prikaz položaja svih hidroelektrana, a dalje u tabeli njihov spisak i instalisane snage, pojedinačno po svakoj hidroelektrani iz sistema.

¹²⁸ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru - Prethodna studija opravdanosti*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2010; str. 14

Tabela 7: Pregled svih hidroelektrana polazeći iz pravca Kraljeva ka Raškoj (uz Ibar)¹²⁹

Elektrana	Instalisana snaga (MW)
HE Lakat	12,39
HE Maglič	13,45
HE Dobre Strane	12,22
HE Bela Glava	14,29
HE Gradina	11,18
HE Cerje	13,24
HE Glavica	9,74
HE Ušće	9,87
HE Gokčanica	10,82
HE Bojanići	10,25

Ukupna instalisana snaga svih planiranih hidroelektrana iznosi 118 MW, dok planirana godišnja proizvodnja iznosi 443.400 MWh električne energije. Početak izgradnje očekuje se 2013. godine i svaka elektrana će se sukcesivno priključivati na sistem. Završetak izgradnje svih 10 elektrana očekuje se za 7 godina.

Proizvedena električna energija mogla bi da se prodaje i na tržištu Srbije i na tržištu Italije. Za rentabilnost samog preduzeća, mnogo isplativija bi bila varijanta prodaje električne energije na tržištu Italije zbog ekonomske cene struje koja tamo postoji. Strukturu troškova činili bi cena koštanja električne energije, troškovi prenosa kroz Srbiju, troškovi prekograničnog prelaza iz Srbije u Crnu Goru, troškovi prenosa kroz Crnu Goru, troškovi prenosa podmorskim kablom do Italije i troškovi zelenih sertifikata u Italiji.¹³⁰ Da bi se obezbedio siguran plasman električne energije u Italiji, potrebno je da italijanski parlament ratifikuje sporazum, i da se osigura prodaja MWh električne energije na izlazu iz elektrane po ceni od 150 evra u prvih 15 godina rada. Po isteku 15 godina rada, cena električne energije iznosila bi 55 evra po MWh. Uvažavajući navedene cene električne energije, investicione troškove i planiranu

¹²⁹ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru – Prostorni plan Javni uvid*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2012; str. 13

¹³⁰ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru - Prethodna studija opravdanosti*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2010; str. 11, 12, 13

proizvodnju električne energije, prema autorima studije¹³¹, pokazatelji rentabilnosti projekta su sledeći. Interna stopa prinosa¹³² za slučaj prodaje električne energije u Italiji iznosi 15%, dok je neto sadašnja vrednost¹³³ projekta oko 140 miliona evra. Na osnovu ovih dinamičkih pokazatelja rentabilnosti, može se zaključiti da je projekat veoma atraktivan. Interna stopa prinosa prevazilazi planiranu cenu korišćenja kapitala, a neto sadašnja vrednost je daleko iznad nule.

Što se tiče tržišta Srbije, cena električne energije je ekstremno niska, pa bi pokazatelji rentabilnosti projekta bili mnogo lošiji nego u slučaju prodaje u Italiji.

Procenjena vrednost projekta iznosi preko 300 miliona evra. Ta suma trebalo bi da bude finansirana iz kredita i sopstvenih sredstava investitora. Odnos pozajmljenog u odnosu na sopstveni kapital iznosiće 75:25. Grejs period trebalo bi da bude jednak periodu izgradnje svih hidroelektrana. Planira se da kamatna stopa tokom perioda izgradnje iznosi 6%, dok bi tokom perioda otplate kredita iznosila 7%. Po okončanju projekta, 15 godina bi trajala otplata kredita.

Pitanje je da li su komercijalne banke spremne da finansiraju projekat pod ovakvim kreditnim uslovima. Sigurno je neophodno da se u realizaciju ovakvog projekta uključe i međunarodne razvojne banke. Tu se pre svih misli na Evropsku Banku za Obnovu i Razvoj (EBRD) koja je zainteresovana da finansira projekte iskorišćavanja obnovljivih izvora energije. Uz podršku vlada Italije i Srbije verovatno će lakše doći do uključivanja međunarodnih razvojnih banaka u čitav posao.

Kao što je već napomenuto, početak izgradnje prve hidroelektrane planiran je za 2013. godinu. Trenutno se obavljaju poslovi prikupljanja potrebnih dozvola, izrade projekata za pojedinačne elektrane, izrada tehničke dokumentacije itd. Usvojen je prostorni plan područja posebne namene, izrađen je generalni projekat za sve hidroelektrane i izvršena je njegova revizija. Urađeni su idejni projekti za hidroelektrane Dobre Strane, Bela Glava, Lakat i Gradina, a trenutno su u izradi idejni projekti za elektrane Maglič i Cerje. Ipak, za ubrzavanje čitavog procesa,

¹³¹ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru – Prostorni plan Javni uvid*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2012; str. 18

¹³² Interna stopa prinosa (*IRR*) predstavlja maksimalnu vrednost kamatne stope koju može da plaća projekat za pozajmljena sredstva, a da pri tome ostvaruje nultu profitabilnost.

¹³³ Neto sadašnja vrednost (*NPV*) predstavlja razliku između sadašnje vrednosti priliva i sadašnje vrednosti odliva gotovine.

potrebno je napraviti korake koji su na višem nivou od samog preduzeća. Neophodno je da prvo Parlament Republike Srbije ratifikuje sporazum. Posle toga, ratifikacija sporazuma treba da bude sprovedena u Parlamentu Republike Italije. Kao veoma važan korak za realizaciju projekta javlja se garancija Vlade Italije o ceni električne energije od 150 evra po MWh u prvih 15 godina rada hidroelektrana. Kada ova tri koraka budu sprovedena, implementacija projekta odvijaće se mnogo brže, a do kada će se čekati na njihovu realizaciju videće se u periodu koji dolazi.



Slika 13: Dolina reke Ibar sa pogledom na tvrđavu Maglic¹³⁴

¹³⁴ <http://imageshack.us/photo/my-images/51/151ibarimaglic.jpg/> (oktobar 2012)

7. Zaključak

Postojanje hidroelektrana je nesumnjivo veoma važno za dobro funkcionisanje jednog elektroenergetskog sistema. Zbog svoje manevarske sposobnosti i relativno jeftine električne energije koju proizvodi, ovaj tip elektrane ne može da se poredi ni sa jednim drugim. Još uvek su hidroelektrane jedini vid iskorišćavanja obnovljivih izvora energije, koji je u isto vreme i ekonomski opravdan. Činjenica je da u svetu postoji neprestani porast tražnje za električnom energijom dok su rezerve fosilnih goriva, koja su osnovni izvor energije na planeti, svakim danom sve manje. Kao logičan zaključak nameće se to da će hidroenergija u budućnosti predstavljati energetske osnovu u velikom broju zemalja.

Najozbiljniji problem koji postoji vezano za hidrocentrale, predstavlja njihovo finansiranje. Najveći broj elektrana, do devedesetih godina dvadesetog veka, izgrađen je državnim sredstvima, kako u svetu tako i kod nas. Tih godina dolazi do ozbiljnih promena na tržištima električne energije, a i u svetskoj ekonomiji uopšte. Državni fondovi nemaju više dovoljno sredstava potrebnih za finansiranje velikih energetske projekata. Javila se potreba za uključivanjem privatnog kapitala, koji će uz podršku vlada država realizovati krupne hidroenergetske projekte.

Države koje treba da nam služe kao primer daleko su odmakle u primeni savremenih metoda finansiranja hidroelektrana. Pronašle su načine da uspešno realizuju ovakve projekte. Privlačeći domaće i strane privatne investitore i pružajući im podršku, izgradile su na desetke velikih energetske objekata. Opisane su metode koje su korišćene u Turskoj i Brazilu, dve države sa impresivnim stopama privrednog rasta i razvoja. Za njihov ukupni napredak, delom su zaslužne i efikasna ekonomska politika i sprovedene reforme na tržištu električne energije. Iz uspešno realizovanih primera koji su opisani u ovom radu, može se videti da je vreme koje prođe od početnih studija pa do puštanja hidroelektrane u rad veoma dugačko. Bilo je potrebno i više od deset godina za kompletnu realizaciju pojedinačnog projekta. Suština je da postoji svest o potrebi izgradnje hidrocentrala, ne samo iz ekonomskih razloga, već i zbog energetske sigurnosti u budućnosti.

Kao i u mnogo čemu drugom, Srbija znatno kaska za ostatkom sveta u pogledu liberalizacije tržišta električne energije i investicija u energetsom sektoru. U trenucima kada je svet napredovao, naša zemlja se nalazila u građanskom ratu, političkoj izolaciji i diktaturi. Sve ovo je uslovilo da država i društvo sve više nazaduju. U protekloj deceniji, politička nestabilnost i sitni interesi pojedinaca doveli su do toga da reforme u svim sferama protiču sporije nego što bi trebalo. Poslednja elektrana u našoj zemlji izgrađena je pre 22 godine, što je nazamislivo u normalnim privredama. Da bi došlo do novih investicija, neophodno je da svi shvate da električna energija nije civilizacijska tekovina koja mora pod obavezno biti dostupna svima, već roba kao i svaka druga koja ima svoju cenu. Dok se cena električne energije ne dovede do tržišne, uzaludno je govoriti i novim velikim projektima. Poslednjih desetak godina krenulo je da se razmišlja o potencijalnim lokacijama za nove hidroelektrane i strateškim partnerima sa kojima je moguće sarađivati i koji su spremni da ulože sredstva u našu energetiku. Pronađeni su partneri u Italiji, Nemačkoj i Kini sa kojima se već krenulo u realizaciju nekoliko projekata. Od početka projekta hidroelektrana na Ibru, prošlo je tri godine tokom kojih je rađeno dosta studija, projekata itd. Uskoro bi trebala da počne izgradnja prve dve od deset hidrocentrala na Ibru. Zakon o javno-privatnom partnerstvu i koncesijama je usvojen tek u novembru prošle godine. On je veoma važan za dalje investicije, jer su koncesije jedna od najboljih metoda za uključivanje privatnog kapitala u važne infrastrukturne projekte. Političko jedinstvo, koje je uvek izostajalo kod nas, ključno je za realizaciju već započetih i pokretanje novih projekata. Ovde nije reč o interesima ove ili one strane, već je po sredi interes svih nas da u budućnosti imamo pouzdane i čiste izvore za proizvodnju električne energije, bez koje savremeni život nije moguće ni zamisliti.

Literatura

1. Benković S, Barjaktarović-Rakočević S: *Modeli javno-privatnog partnerstva u finansiranju infrastrukturnih projekata*, VIII skup privrednika i naučnika, Beograd, 2011;
2. Brazilian Energy Research Company: *Belo Monte Hydroelectric Dam Project*, EPE & MME, Brazil, 2011;
3. Đorđević B: *Hidroenergetsko korišćenje voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001;
4. Đuričin D, Lončar D: *Menadžment pomoću projekata*, CID Ekonomskog fakulteta u Beogradu, Beograd, 2007;
5. Elektroprivreda Srbije: *I sinu videlo iz rijeke*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 2011;
6. Elektroprivreda Srbije: *Strateški i razvojni projekti Elektroprivrede Srbije*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 2011;
7. Elektroprivreda Srbije: *Vek elektrike*, Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1993;
8. Energy Watch Group: *Coal - Resources and Future Production*, Energy Watch Group, Berlin, Germany, 2007;
9. Førsund F.R: *Hydropower Economics*, Springer Science+Business Media LLC, New York, New York, USA, 2007;
10. Gidens E: *Klimatske promene i politika*, CLIO, Beograd, 2010;
11. Global Power Review: *A snapshot of the world's top electricity markets*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2011;
12. Goldsmith K: *Economic and Financial Analysis of Hydropower Projects*, Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway, 1993;
13. Head C: *A Fresh Start: Prospects for Financing Hydropower in Developing Countries*, UN Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, PR China, 2004;
14. Head C: *Financing of Private Hydropower Projects*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2000;
15. Head C: *The Financing of Water Infrastructure A Review of Case Studies*, The World Bank, Washington D.C, USA, 2006;

16. *Hydroelectric Energy Pros and Cons*
<http://energyinformative.org/hydroelectric-energy-pros-and-cons/> (avgust 2012)
17. *History of Hydropower*
http://www1.eere.energy.gov/water/hydro_history.html (avgust 2012)
18. *History of water turbine technology*
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/609552/turbine/45676/History-of-water-turbine-technology> (avgust 2012)
19. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru - Prethodna studija opravdanosti*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2010;
20. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: *Hidroelektrane na Ibru – Prostorni plan Javni uvid*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2012;
21. IRENA: *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series – Hydropower*, IRENA, Abu Dhabi, UAE, 2012;
22. Jugoslovenska naučna tribina: *Energija i razvoj*, Jugoslovenski savez društava za širenje naučnih saznanja „Nikola Tesla“, Beograd, 1986;
23. <http://www.statkraft.com/projects/> (septembar 2012)
24. <http://www.verbundplan.sitewebadam.com> (septembar 2012)
25. <http://www.samarcoqueagentefaz.com.br/relatorio2011/en/como-cuidamos-dos-recursos-naturais/energia/> (septembar 2012)
26. <http://www.power-technology.com/projects/ita/> (septembar 2012)
27. <http://www.uhe-guilmanamorim.com.br> (septembar 2012)
28. <http://globalenergyobservatory.org> (septembar 2012)
29. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tu.html> (septembar 2012)
30. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html> (septembar 2012)