

# ENERGETSKA BUDUĆNOST ZAPADNOG BALKANA SET TREBINJE 2020

05 - 06.  
MART

J.U. KULTURNI CENTAR TREBINJE,  
REPUBLIKA SRPSKA



# SET

SAMIT ENERGETIKE TREBINJE

[www.setrebinje.com](http://www.setrebinje.com)

#### ORGANIZATORI



ВЛАДА  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ



МИНИСТАРСТВО VANJSKE  
TRGOVINE I EKONOMIJSKIH  
ODNOSA  
BOSNE I HERCEGOVINE

#### SPONZORI



PROINTER  
IT SOLUTIONS AND SERVICES



DWELT



#### MEDIJSKI POKROVITELJI



## SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	3
1. MODERNIZACIJA I PRODUŽENJE RADNOG VEKA TERMoeLEKTRANA NA UGALJ .....	4
2. IZAZOVI ENERGETSKE TRANZICIJE U REGIONU .....	5
3. ULOGA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PUTU KA ENERGIJI SA NISKIM UDJELOM UGLJIKA ..	6
4. MODERNIZACIJA I REVITALIZACIJA HIDROELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI: PRISTUPI, ISKUSTVA I REZULTATI .....	7
5. PERSPEKTIVE RAZVOJA PROIZVODNJE ENERGIJE U REGIONU SA FOKUSOM NA NEISKORIŠĆENI HIDROPOTENCIJAL .....	9
6. KLIMATSKO MODELOVANJE PADAVINA U BOSNI I HERCEGOVINI .....	12
PREMA KLIMATSKOM SCENARIJU RCP8.5 .....	12
7. VISOKE BRANE U REPUBLICI SRPSKOJ .....	16
STANJE I PERSPEKTIVE ZA ODRŽIV RAZVOJ REGIONA.....	16
8. ENERGETSKI POTENCIJALI REPUBLIKE SRPSKE: .....	17
OD FOSILNIH KA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE.....	17
9. GEOTERMALNA POTENCIJALNOST REPUBLIKE SRPSKE .....	19
10. INDUSTRIJA 4.0 .....	23

## PREDGOVOR

*Naše vrline i naši promašaji su neodvojivi, kao sila i materija. Kada se odvoje, nema više čoveka. Nikola Tesla*

Poštovani učesnici Samita energetike SET - TREBINJE 2020 pod sloganom: *Energetska budućnost Zapadnog Balkana* pred vama su kratki izvodi iz radovi dvadeset i četiri autora, koji kroz deset tema nastoje da ukažu na neke od aktuelne teme i upute u devet tematskih panela. Autori tragaju za mogućim odgovorima i strateškim pravcima razvoja ove regije i podstiču sve predstavnike energetskeg sektora u regionu, vodeće ljude iz domaćih kompanija i institucija koje oblikuju industriju, poslovni lideri i kreatori energetskeg politika, domaći i međunarodni stručnjaci iz oblasti energetike na dijalog. Namjera je jasna, sa svih aspekata (multidisciplinarno) osvjetliti trenutno stanje i osvjetliti potencijale, te napraviti adekvatnu platformu za budući strateški razvoj - *pripremiti uvodničare, te inicirati diskusije*. Od Samita se očekuje da profiliše moguće pravce razvoja energetskeg sektora u regiji, te ponudi *smjernice za razvoj energetskeg sistema u dobu znanja*.

Naša su očekivanja da će *kritički osvrt na stanje, uz kvalitativnu procjenu potencijala, ponuditi izvjesniju budućnost energetskeg sektora*. U tom procesu korišćena su i *iskustva dobrih praksi širom svijeta*, kao i mogućnost primjene *inovativne tehnologije* u ovom regionu. To je bio podsticaj proizvođačima i privrednicima iz regije da zajednički nastupe i informišu širu javnost, da bi kroz dijalog *teorije i prakse*, napravili kvalitativan pomak, *zajedničko djelovanje*, što je i imperativ SET 2020 u Trebinju.

Ovo je prilika da *naučna i stručna javnosti na integrativan i promišljen način* (koristeći raspoložive potencijale iz šireg okruženja) ponudi moguće vizije i izvjesnije pravce razvoja. Integralno sagledavanja stanja kapaciteta i potencijala energetskeg sektora u regiji, koji su uslov za aktivan doprinos u definisanju *narednih koraka*. Za očekivati je da će zaključci sa ovog skupa *ponuditi izvjesnije energetske perspektive Zapadnog Balkana* i biti izvrstan *potencijal za privredni i turistički razvoj regije* (od strateškog do praktičnog doprinosa za krajnjeg korisnika-potrošača, koji lako mogu da uoče brojne benefite, te ukazati na probleme i izazove).

*Zaključci sa devet Panela* na zadane teme biće polazna osnova za raspravu na tematskom okruglom stolu i model kako da se suprostavljeni interesi objedine i profilišu smjernice za buduće djelovanje. To će usmjeriti nove politika razvoja i omogućiti kvalitativne pripreme – definisati zaključke za naredni - drugi skup SET 2021.

U ime Naučnog odbora i u svoje lično ime hvala na razumjevanju i podršci.

**Predsjednik Naučnog odbora SET  
Prof. dr Milenko Stanković**

# 1. MODERNIZACIJA I PRODUŽENJE RADNOG VEKA TERMoeLEKTRANA NA UGALI

**dr Milan V. Petrović, dr Dragan Tucaković, dr Gordana Bakić**, Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet  
Srbija, 11120 Beograd, Kraljice Marije 16

**mr Luka Petrović** dipl.inž.maš.i **mr Borivoje Vujičić** dipl.inž.maš., MX „Elektroprivreda Republike Srpske“  
– Matično preduzeće a.d. Trebinje Republika Srpska, 89101 Trebinje, Stepe Stepanovića b.b.

## APSTRAKT

Veliki broj termoelektana na ugalj je izgrađen u osamdesetim godinama XX veka i u pogonu su više od 30 godina. Broj radnih sati ovih elektrana je dostigao ili kod nekih već premašio predviđeni proračunski vek opreme. U pogonu, usled delovanja različitih mehanizama oštećenja, dolazi do starenja opreme, pogoršavanja radnih karakteristika pojedinih komponenata, potrošenje radnog veka opreme, promene eksploatacionih uslova i izmena na samoj opremi. U međuvremenu je došlo do velikog pooštavanja propisa u pogledu zaštite životne sredine i zahteva za znatno manjom emisijom štetnih materija. Sa druge strane, uspostavljanje tržišta električne energije i liberalizacija u trgovini izazvali su oštru konkurenciju među elektroprivrednim preduzećima u Evropi. Takođe, došlo je i do velikog napretka naučnih znanja kao i mernih tehnika i eksperimentalnih metoda. To je dovelo do poboljšanja pojedinih energetske tehnologije kao i metoda dijagnostike stanja i modeliranja i proračuna procesa.

Elektroprivredna preduzeća, čije se elektrane približavaju ispunjenju predviđenog radnog veka ili su u pogonu duže od toga, nalaze se pred dilemom da li da ulože znatna sredstva u modernizaciju i produženje radnog veka predmetnih termoelektana ili da se opredele za gradnju zameniskih kapaciteta. Produženje radnog veka podrazumeva zamenu svih komponenata postrojenja čiji je radni vek potrošen novim ili remontovanim uređajima tako da je elektrana spremna za još jedan životni ciklus, pri čemu se otklanjaju svi nedostaci nastali eksploatacijom, a primenjuje se isti nivo tehnologije kao kod originalne opreme. Termoelektana se, pri tome dovodi na nivo projektovanih radnih karakteristika i snage. Modernizacije podrazumeva primenu modernijih tehnologija radi poboljšanja stepena korisnosti bloka, ispunjenja svih zahteva u pogledu emisije i, ako je moguće, povećanja električne snage.

Mašinski fakultet u Beogradu je razvio metodologiju vezanu za razvoj projekata modernizacije i produženja radnog veka termoelektana. Metodologija se sastoji od sledećih koraka: ispitivanja stanja materijala metodama bez i sa razaranjem, proračun preostalog radnog veka ključnih komponenata i određivanje optimalnog perioda njihove zamene, termotehnička ispitivanja kotlovske i turbopostrojenja, izrada matematičkih modela kotlovske i turbopostrojenja, proračuni procesa na različitim režimima rada i poređenje sa rezultatima ispitivanja radi utvrđivanja stanja bloka i pojedinih komponenata, proračuni varijantnih rešenja koja daju bolji stepen korisnosti i/ili povećanu snagu, izrada rešenja sa sniženom emisijom štetnih materija. Metodologija će biti demonstrirana na primeru jedne elektrane na lignit.

## 2. IZAZOVI ENERGETSKE TRANZICIJE U REGIONU

dr Nikola Rajaković, Elektrotehnički fakultet i FSDEWES Beograd

### 1. Uvod

Energetska tranzicija se pojednostavljeno može shvatiti i kao dekarbonizacija energetskog sektora a uslovljena je i klimatskim promenama i ograničenošću rezervi fosilnih goriva. Kao rezultat ima se rastuće korišćenje obnovljivih izvora energije i intenziviranje mera koje vode većoj energetskoj efikasnosti.

Na sceni se zajedno sa ovim tektonskim promenama dešavaju velike promene u strukturi potrošnje kao i promene na strani proizvodnje. Region sa svojom tradicionalnom oslonjenošću na lignit i prirodnom inercijom energetskog sektora postaje još izloženiji kašnjenju u procesu tranzicije ka obnovljivima.

### 2. Promene na strani potrošnje

Kao najvažnija promena na strani potrošnje je trend elektrifikacije gotovo svih njenih delova. Dakle, na redu je elektrifikacija sektora transporta, kao posebno značajna, a zatim elektrifikacija sektora grejanja/hlađenja (uvođenje tehnologija toplotnih pumpi) i konačno elektrifikacija gotovo kompletne industrije. Pri tome kod elektrifikacije sveukupne potrošnje ne treba zaboraviti da neki delovi potrošnje (kamionski i avionski saobraćaj, neke posebne grane industrije,...) ne mogu lako da se elektrifikuju. Isto tako mora se respektovati evolutivnost ukupnog procesa.

Ceo koncept tranzicije, i na strani potrošnje i na strani proizvodnje, mora biti podržan sa pametnim mrežama, odnosno pametnom infrastrukturom u kojoj je digitalizacija početna pretpostavka. Pametna brojlara, senzori, kontroleri, pametni energetski uređaji, skladištenje energije, internet stvari, a nadasve softverske platforme (agregacije, *blockchain* tehnologije,...) samo su delovi ove pametne infrastrukture u kojoj je telekomunikaciona podrška sa dvosmernim tokovima informacija tek potreban uslov za sistemske primene.

Dakle, potrošnja postaje sve fleksibilnija kako bi mogla da prati varijabilnu proizvodnju iz obnovljivih.

### 3. Promene na strani proizvodnje

Ove promene podrazumevaju sve više obnovljivih izvora kao velikih elektrana (vetroelektrane, solarne elektrane, ...), ali i obnovljive kao distribuirano generisanje (solarni paneli, male hidroelektrane, male vetroelektrane, male elektrane na biomasu i biogas, mikrogenerisanje, geotermalne elektrane,...). Fenomen decentralizacije proizvodnje vodi i potrebi za virtuelnom elektranom, odnosno virtuelnom balansnom grupom (mikromreže,...).

### 4. Integracija sektora

Energetska tranzicija u punom zamahu podrazumeva integraciju - sinergiju (elektrificiranih) sektora transporta, grejanja i industrije, kao i dodatnu fleksibilnost baziranu na različitim resursima (obnovljivi izvori, gas, geotermalna,...). U praksi integracija različitih sektora se odnosi na integrisanje elektroenergetskog i gasnog sektora, na povezivanje transporta i upotrebe električne energije, na povezivanje sektora grejanja i upotrebe toplotnih pumpi, ali i konverzije viškova varijabilne proizvodnje iz obnovljivih u toplotu ili tečni vodonik, i konačno na sprezanje sa hidro sektorom (pumpno – akumulaciona postrojenja,...).

### 5. Tržište u novom konceptu

Principi tržišta se menjaju pošto tarifni sistemi bazirani dominantno na ceni fosilnog goriva postaju prošlost. Javlja se decentralizacija marketa sa uticajem na maloprodaju i velkoprodaju.

Tržište mora da uvaži varijabilnost i neizvesnost prognoze proizvodnje iz obnovljivih i kao odgovor da ponudi ekonomske podsticaje prema dodatnoj fleksibilizaciji sektora (skladištenje, regulaciona rezerva,

odziv potrošnje i dinamičko tarifiranje unutar dnevnih fluktuacija - pomoću pametnih mreža-, prognoza zagušenja u prenosnoj mreži i njihova relaksacija). *Dekarbonizacija je skupa, a zakasnela će biti preskupa!*

### 3. ULOGA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PUTU KA ENERGIJI SA NISKIM UDJELOM UGLJIKA

**dr Slavko Krajcar**, Univerzitet u Zagrebu, Hrvatska, Fakultet elektrotehnike i računarstva, slavko.krajcar@fer.hr

Prošireni sadržaj

„Kad pušu vjetrovi promjene, jedni ljudi grade zidove, a drugi grade vjetrovače“ Kineska poslovica

Elektroenergetski sustav danas je iznimno važna infrastruktura za razvoj naših društava. Za elektroenergetske sustave potrebna je dugoročna politika, jer je neophodno obezbjediti vrijeme za uspostavljanje nove arhitekture samog sustava. U prošlosti su postojale tri faze razvoja elektroenergetskog sustava. Prvo: *„čini da to radi“* (kraj 19. stoljeća i početak 20.); Drugo, *„učiniti ga velikim i pristupačnim“* (do devedesetih godina 20. stoljeća), Treće - novo, *„pouzdan, ekonomski konkurentan i ekološki održiv elektroenergetski sustav kao kamen temeljac savremenog društva“* (21. stoljeće). Važno je znati da promjene elektroenergetskog sustava, s naglim razvojem tehnologija, novim inovativnim poslovnim modelima i novim regulatornim okvirima, postaju složenije nego ikad prije. Elektroenergetski je sustav danas usred velike transformacije (tranzicije).

Općenito postoje tri trenda koja definiraju disrupciju u elektroenergetskom sustavu. Prvo: elektrifikacija, npr. prometa i grijanja; Drugo: decentralizacija, potaknuta značajnim smanjenjem troškova raspodijeljenih energetske resursa poput skladištenja, raspodijeljene proizvodnje, odgovora na potražnju i energetske učinkovitosti; Treće: digitalizacija, napredno mjerenje, napredni senzori, automatizacija i druge digitalne mrežne tehnologije, Internet stvari i sl. Elektrifikacija je presudna za dugoročne ciljeve smanjenja ugljičnog otiska, decentralizacija čini kupce aktivnim elementima sustava i zahtijeva značajnu koordinaciju, a digitalizacija podržava oba trenda omogućujući veću kontrolu, optimizaciju potrošnje i proizvodnje u stvarnom vremenu i interakciju s kupcima. U proteklom desetljeću milijuni potrošača postali su *„protrošači“* (engl. *prosumers*), proizvođači i dijeleći glazbu, videozapise, vijesti i znanje, a u posljednje vrijeme kreće to i s energijom. Valja naglasiti, sve to uz gotovo nulte marginalne troškove, dakle troškovno gotovo besplatno jer to većina tehnologija, pa i tehnologije proizvodnje energije, omogućavaju.

Ekonomija dijeljenja postaje stvarnost i bit će snažna poluga budućih društvenih odnosa, pa tako i odnosa svih dionika u elektroenergetskom sustavu. Elektroenergetski će sustav biti okosnica energetske sustava u budućnosti. Optimizacija će uzeti u obzir sve nositelje energije kako bi se postigao održiv cilj. Aktivnosti kupaca, poput napajanja električnih vozila i odgovor na potražnju, bit će dio procesa optimizacije i upravljanja, ali i ekonomske koristi njega samoga. Razina usvajanja ovih tehnologija vjerojatno će slijediti tipičnu S krivulju, viđenu s prethodnim tehnologijama kao što su telefon, televizori, računala, pametni telefoni, Internet i sl. Brzina usvajanja i uspjeh u oblikovanju transformacije, na najbolji način za društvo i sustav, ovisit će o širokom rasponu faktora koji spadaju u četiri glavne dimenzije: regulacija, infrastruktura, poslovni modeli i aktivnost kupaca. Javni i privatni sektor morat će ravnomjerno doprinijeti uspješnom ubrzanju usvajanja ovih tehnologija, jer to niti jedna strana ne može učiniti sama.

Na kraju, da bismo stvorili budućnost, potrebni su nam novi društveni odnosi, potrebna nam je tzv. energetska demokracija, takvi odnosi gdje svi mi imamo svoju ulogu. Jedan od definiranih putova prema tome jest i novi energetski dogovor na razini Europske unije, tzv. *EU green deal (EU zeleni dogovor)*. *EU Green deal* je zelena i uključiva tranzicija gospodarstva EU kako bi se poboljšala dobrobit za građane te budućim generacijama ostavio zdravi planet. Europski zeleni dogovor nova je strategija svekolikog rasta koja smanjuje emisije i pritom otvara nova radna mjesta. Klimatski neutralna Europa u 2050. godini i zaštita našeg prirodnog staništa pozitivno treba utjecati na sve građane, planet i gospodarstvo. Nitko ne smije biti izostavljen. *EU Green deal* je zapravo *great deal (sjajan dogovor)* i nova nada za našu zdravu budućnost.

#### **4. MODERNIZACIJA I REVITALIZACIJA HIDROELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI: PRISTUPI, ISKUSTVA I REZULTATI**

**Ljiljana Milicanović, dipl. inž. el.** Javno Preduzeće Elektroprivreda Srbije, Beograd, Sektor za ključne investicione projekte;  
**dr Ivan Božić, dipl. inž. maš.** Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, Beograd, Katedra za hidraulične mašine i energetske sisteme; **Vladimir Tkalac, dipl. inž. maš. i Mladen Robajčević, dipl. inž. građ.** Javno Preduzeće Elektroprivreda Srbije, Beograd, Sektor za ključne investicione projekte

##### **Rezime**

U cilju produživanja eksploatacionog veka, podizanja instalisane snage, postizanja visoke pouzdanosti i energetske efikasnosti, visokog stepena raspoloživosti, optimizacije troškova i poboljšanja tehničko-tehnološkog stanja opreme, pravilan odabir koncepta modernizacije hidroelektrane je od izuzetnog značaja. Svetski trendovi, pređašnja iskustva i dinamično tržišno okruženje utiču na izbor koncepcije i investicionog modela kada su revitalizacije hidroelektrana u pitanju. Rezultati nakon revitalizacije najbolje svedoče o ostvarivanju jasno definisanih namera, ali ne i o sprovedenim aktivnostima, uočenim prednostima i neminovnim poteškoćama za postizanje postavljenih ciljeva. U radu se daju osvrti na završene, započete i buduće projekte u hidroenergetskom sektoru Republike Srbije.

**Ključne reči:** *hidroelektrane, modernizacija, revitalizacija*

##### **1. Uvod**

Nakon višedecenijske eksploatacije hidroelektrana koje čine sastavni deo elektroenergetskog sistema Republike Srbije, početkom 21. veka započete su intenzivne aktivnosti za produženje njihovog radnog veka. Javno Preduzeće Elektroprivreda Srbije (JP EPS) je, prateći svetske trendove i standarde u oblasti hidroenergetike, čekajući izgradnju i korišćenje nekih novih svojih hidroelektrana i analizirajući ekonomske benifite svojih odluka, ušla u revitalizacioni ciklus postojećih hidroenergetskih objekata. Ova odluka temelji se na pretpostavkama da se budućnost postojećih hidroelektrana može posmatrati kroz tri scenarija: Funkcionisanje elektrane uz neprekidno održavanje i konstantno povećanje varijabilnih troškova održavanja tokom narednih godina, kao i očekivano smanjenje proizvodnje do konačnog isključenja zbog dotrajalosti; Sanacija, tj. održavanje elektrana uz periodičnu zamenu i poboljšanja zastarelih komponenti, uz smanjenje troškova održavanja i eksploatacije; Revitalizacija/rekonstrukcija, odnosno zamena vitalnih delova opreme novom radi poboljšanja karakteristika hidroelektrane (prvenstveno povećanja snage i stepena korisnosti)

## **2. pristupi pri modernizaciji i revitalizaciji hidroelektrana u Republici Srbiji**

Najčešći ciljevi koji su postavljeni pred početak revitalizacija hidroelektrana u Srbiji su obezbeđivanje novog eksploatacionog veka hidroagregata uz njihovu modernizaciju, povećanje snage i poboljšanje ostalih značajnih karakteristika.

Rekonstrukcije se zasnivaju i sprovode uvažavajući: Savremeno stanje nauke i tehnike u oblasti mašinstva i elektrotehnike u cilju optimizacije, povećanja snage, stepena korisnosti, pouzdanosti i raspoloživosti hidroagregata, ali i smanjenja troškova njenog održavanja; Analizu procene preostalog radnog veka onih delova hidroagregata koji se neće zameniti nakon rekonstrukcije; Energetsko-ekonomske analize različitih varijantnih rešenja kako za scenarije kompletne ili delimične zamene vitalnih delova agregata i njihovih pomoćnih sistema, tako i za mogućnosti primene pojedinih savremenih konvencionalnih i nekonvencionalnih tehničkih rešenja.

Rekonstrukcije i modernizacije pojedinih hidroelektrana morale su istovremeno da zadovolje i ograničenja koja npr. proizilaze iz međudržavnih ugovora, predviđenih budžeta, trajanja formalnih procedura i suštinskih aktivnosti na objektu, finansijskih i energetskih okolnosti kako u regionu tako i na globalnom tržištu itd.

Svakoj revitalizaciji su u početku prethodile obimne pripreme i detaljne analize kako bi se odabralo optimalno rešenje. Dobra praksa je bila oličena u izradi brojnih Studija modernizacija i revitalizacija hidroelektrana koje su imale za cilj analizu i otklanjanje nedoumica i pitanja koje bi investitor mogao da ima za naredne faze projektno-tehničke dokumentacije. U takvim studijama rađene su detaljne energetsko-ekonomske analize varijantnih rešenja sagledavanjem varijanata revitalizacije u pogledu mogućnosti za eventualnim redefinisanjem hidrološko-energetskih pokazatelja. Istovremeno su takve analize ukazivale na sve tehničke mogućnosti za povećanje snage i stepena korisnosti budućih hidroagregata, kao i to da li su revitalizacija ili rekonstrukcija, umesto namenskih kapitalnih remonata, pravi smer u kome se ide. Samim tim, jasnim definisanjem ključnih proračunskih energetsko-konstruktivnih pokazatelja pouzdano su aktuelizovane sve buduće karakteristike hidroelektrana i pravilno su trasirane revitalizacione aktivnosti.

## **3. Iskustva iz modernizacija i revitalizacija hidroelektrana u Republici Srbiji**

Dosadašnja iskustva pri revitalizacijama hidroelektrana u Srbiji mogu se sagledati kroz: nivo i kvalitet projektne dokumentacije, tehničkih specifikacija i tenderske dokumentacije; uticaj izvora finansiranja na proces ugovaranja i realizaciju ugovora; modele ugovora koji su primenjeni na završenim i aktuelnim projektima; izmene na projektu i njihov uticaj na realizaciju projekta i garantni period.

## **4. Ostvareni rezultati u Srbiji**

U poslednje dve decenije JP EPS, kao Investitor, stekao je dovoljno međunarodnog iskustva pri revitalizaciji svojih velikih hidroelektrana: HE Đerdap 1, HE Bajina Bašta, HE Zvornik, HE Ovčar Banja i HE Međuvršje. Na svim projektima revitalizacije ostvareni su značajni rezultati u povećanju snage i efikasnosti revitalizovanih agregata. Pouzdanost i raspoloživost elektrana su povećani dok su troškovi eksploatacije smanjeni.

## **5. Tekući i naredni investicioni projekti u hidrosektoru Republike Srbije**

Tekući investicioni ciklus se ogleda u završetku radova na rekonstrukciji proizvodnih agregata i pripadajuće opreme na HE „Zvornik“ i HE „Đerdap 1“, kao i na 15 malih hidroelektrana.

Prema Planu poslovanja JP EPS novi investicioni ciklus u hidrosektoru započinje ove godine, početkom radova na sanaciji Reverzibilne hidroelektrane „Bajina Bašta“.

Pored ovog kapitalnog projekta JP EPS privodi kraju pripreme aktivnosti (projektne i tendersku dokumentaciju) za realizaciju sledećih projekata, odnosno za rekonstrukciju sledećih hidroelektrana: HE Bistrica, Vlasinskih HE, HE Potpeć i HE Đerdap 2.



## 6. Zaključak

Kvalitetna tehnička dokumentacija je neophodan preduslov za uspešnu revitalizaciju hidroelektrana. Potreba da se, kroz komparativne analize, razjasne sva tehnička pitanja na dovoljnom nivou pouzdanosti i preciznosti ima za krajnji cilj nedvosmislenost Investitora u kvantitativne enegetsko-ekonomske pokazatelje pri definisanju koncepta rekonstrukcije i modernizacije hidroagregata. Nepostojanje formalno-zakonske obaveze da se rade Studije modernizacije i revitalizacije hidroelektrana ne treba da ide na štetu kvaliteta inicijalnih analiza koje treba sprovesti u pripremnom revitalizacionom periodu, uvažavajući sve raspoložive podloge i relevantna zakonska, tehnička, ekološka i ostala ograničenja. Blagovremena i kvalitetna priprema pre realizacije projekata odnosno početka izvođenja radova, koja se ogleda kako kroz detaljno sagledavanje svih tehničkih performansi i ekonomskih pokazatelja tako i kroz kompletnu logističku pripremu realizacije projekta, značajno doprinosi da realizacija projekta bude kvalitetnija, ekonomski isplativija i efikasnija.

## 5. PERSPEKTIVE RAZVOJA PROIZVODNJE ENERGIJE U REGIONU SA FOKUSOM NA NEISKORIŠĆENI HIDROPOTENCIJAL

**dr Dejan Divac**, dipl. inž. građ.generalni direktor Instituta „Jaroslav Černi“ i profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

**dr Nikola Milivojević**, dipl. inž. maš.izvršni direktor u Institutu „Jaroslav Černi“

**dr Zdravko Stojanović**, dipl. inž. maš. savetnik u Institutu „Jaroslav Černi“

### Rezime

U radu je prvo dat pregled aktuelnog stanja i projektovanih trendova potrošnje i proizvodnje energije u svetu i regionu, sa posebnim akcentom na neiskorišćeni hidroenergetski potencijal. Značajan deo rada odnosi se na prikaz izabranih perspektivnih hidroenergetskih projekata u Srbiji, Republici Srpskoj i Crnoj Gori. Pri tome su komentarisani uticaji na životnu sredinu i ekonomski činoci koji mogu biti od značaja za izvodljivost ovih projekata. U radu su diskutovani i bitni aspekti u vezi sa razvojem i optimalnim upravljanjem eksploatacijom hidroenergetskog potencijala. U zaključku je dat akcenat na moguće mere koje bi pozitivno uticale na efikasniju realizaciju novih hidroenergetskih objekata u regionu.

**Ključne reči:** *hidroenergetski potencijal, obnovljivi izvori energije, elektroenergetski sistem.*

### 7. Uvod

Struktura proizvodnje električne energije u svetu poslednjih godina doživljava značajne promene. Prognozirani trendovi ukazuju na sve veći značaj obnovljivih izvora energije (energija vetra, solarna energija i sl.), koji kao nove, ali neupravljive tehnologije, pored povećanja proizvodnje sa sobom donose značajne probleme u balansiranju hidroenergetskog sistema. Sa druge strane, hidroenergetika danas pruža mnoge pogodnosti koje se primarno odražavaju u radu sa visokim stepenom korisnog dejstva i malim troškovima održavanja. Posmatrano šire, hidroelektrane se odlikuju fleksibilnim radom, pa igraju važnu ulogu u domenu regulacije elektroenergetskih sistema, pomažući da se sistem prilagodi kompleksnim promenama konzuma. Posmatrano još šire, hidroelektrane svojim radom ne doprinose emisiji gasova sa efektom staklene bašte, što ih čini veoma pogodnim sa stanovišta očuvanja životne sredine i održivog razvoja.

### 8. Stanje i trendovi potrošnje i proizvodnje energije u svetu i regionu

Proizvodnja električne energije u svetu i dalje se dominantno oslanja na fosilna goriva i nuklearnu energiju. Na svetskom nivou se, prema podacima iz 2018. godine, 74,4% električne energije dobija upravo iz ovih izvora. Preostalih oko 25,6% energije proizvodi se iz obnovljivih izvora, od čega 15,9% pokriva hidroenergetika. Hidroenergetika je danas prisutna u čak 160 zemalja sveta (pri tome u više od 65 država učestvuje sa više od 50% u ukupnoj energetske proizvodnji), ukupan kapacitet ovih postrojenja je 1.292 GW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 4.200 TWh. Predviđa se porast potrošnje energije, što će se u najvećoj meri pokrivati proizvodnjom iz obnovljivih izvora (porast udela sa 24% 2015. na 85% do 2050. godine), pre svega iz elektrana na vetar (udeo 36% do 2050. godine) i solarnu energiju (udeo 22% do 2050. godine).

Procenjuje se da ukupni tehnički iskoristiv hidroenergetski potencijal u svetu iznosi oko 15.500 TWh/god., od čega se razvoj 9.180 TWh/god. smatra ekonomski opravdanim. Primetan je ubrzan razvoj hidroenergetike, posebno u periodu nakon 1990. godine. U razvoju novih projekata velikih razmera dominiraju države kao što su Kina, Indija, Iran i Turska. Tokom 2018. godine završeni su objekti ukupne snage oko 21,8 GW, od čega na istočnu Aziju i Pacifik otpada najviše, oko 9,2 GW, dok su objekti izgrađeni u Evropi ovome doprineli sa oko 2,2 GW. Najveći proizvođači električne energije u svetu su danas Kina (359 GWh godišnje) i Brazil (104 GWh godišnje).

Proizvodnja električne energije u Srbiji je oko 38.000 GWh (oko 11.000 iz hidroenergetskih izvora), u Bosni i Hercegovini oko 16.000 GWh (oko 6.000 iz hidroenergetskih izvora), u Makedoniji oko 7.000 (oko 1.000 iz hidroenergetskih izvora) i u Crnoj Gori oko 3.000 GWh (oko 2.000 iz hidroenergetskih izvora). Neiskorišćeni hidroenergetski potencijal u Srbiji u mogućim budućim objektima većim od 10 MW iznosi oko 7.300 GWh/god. (pri čemu je najvažnija reka Drina sa 3.000 GWh/god.). Od toga zajednički potencijal sa susednim državama (pre svega sa R. Srpskom, odnosno BiH) iznosi oko 4.400 GWh, dok oko 2.900 GWh pripada isključivo Srbiji. Procena iznosa tehnički iskoristivog potencijala glavnih vodotoka Crne Gore zavisi od načina korišćenja voda i kreće se u rasponu 3.700 do 4.600 GWh/god. (u prirodnom pravcu oticanja), odnosno od 4.600 do 5.300 GWh/god. (u varijanti prevođenja dela vode reke Tare u reku Moraču). Procenjuje se da tehnički iskoristiv hidroenergetski potencijal Republike Srpske iznosi oko 9.500 GWh/god. prosečne godišnje proizvodnje električne energije, a da je od toga iskorišćeno oko 2.420 GWh/god.

## **9. Izabrani perspektivni hidroenergetski projekti u regionu**

U Srbiji se može istaći projekat izgradnje deset protočnih hidroelektrana na Ibru, na deonici od 55 km, na delu toka između Raške i Kraljeva i sa ukupnim padom od oko 150 m. Ukupna snaga iznosila bi oko 120 MW, prosečna godišnja proizvodnja 450 GWh, a investiciona vrednost 340 miliona evra. Izgradnja hidroelektrana na Ibru je ekonomski isplativa, pri čemu je uticaj njihove izgradnje na okruženje izrazio pozitivno.

Prema aktuelnom projektu na Velikoj Moravi bi se mogla izgraditi kaskada od 5 akumulacija sa pribranskim elektranama, ukupne snage oko 148 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 645 GWh. Međutim, ovaj projekat ima niz otvorenih pitanja povezanih sa značajnom količinom nanosa, problemom rešavanja pitanja zaštite priobalja usled uspora nastalog izgradnjom pregradnih objekata i dr.

Na srednjem delu toka reke Drine mogle bi se izgraditi HE „Rogačica”, snage oko 113 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 413 GWh, HE „Tegare”, snage oko 121 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 448 GWh i HE „Dubravica”, snage oko 87 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 335 GWh. Radi se o isplativoj investiciji (ukupno oko 870 miliona evra), ali je izvodljivost veoma otežana zbog činjenice da se predmetna deonica reke Drine nalazi na državnoj granici, kao i zbog značajnog obima eksproprijacije.

Sistem hidroelektrana na gornjem toku reke Drine sastojao bi se od HE „Buk Bijela“ snage 94 MW i prosečne godišnje proizvodnje od 332 GWh, HE „Foča“, snage 44 MW i prosečne godišnje proizvodnje

176 GWh i HE „Paunci“, snage 42 MW i prosečne godišnje proizvodnje 141 GWh. Radi se o atraktivnom projektu i isplativoj investiciji, bez ikakvih objektivnih problema u vezi sa uticajem na okolinu.

Na reci Komarnici moguća je izgradnja HE „Komarnica“ snage 155 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od 213 GWh. Radi se o složenom i skupom projektu (investiciona vrednost je 260–290 mil. evra). Nizvodno od HE „Piva“ moguća je izgradnja HE „Kruševo“ snage 90-100 MW i prosečne godišnje proizvodnje 230-260 GWh. Radi se o nedovoljno izučenom, ali potencijalno veoma atraktivnom projektu (120–130 mil. EUR).

U istočnoj Hercegovini tehnički i ekonomski je veoma atraktivan razvoj sistema „Gornji horizonti“ (uz izgradnju dodatne elektrane na koti „nula“), jer bi se deo energije proizvodio na novim hidroelektranama, dok bi drugi deo predstavljao povećanje proizvodnje na već izgrađenim hidroelektranama nizvodno od akumulacije „Bileća“. Dalji razvoj u slivu Trebišnjice ima određena ekološka i socijalna otvorena pitanja, ali je dodatno opterećen i političkom pozadinom, jer razmatrani prostor sada dele 3 države, odnosno 4 državna entiteta.

#### **10. Značajni aspekti u vezi sa razvojem i upravljanjem eksploatacijom hidroenergetskog potencijala**

Zaštita životne sredine je jedan od najvažnijih faktora za odlučivanje o izgradnji HE. U delu javnosti postoji određena rezerva prema izgradnji hidroenergetskih objekata, što je često izazvano realizacijom pogrešno koncipiranih projekata, na primer, u poslednje vreme brojnih projekata derivacionih malih hidroelektrana. Često se u slučaju velikih hidroenergetskih projekata zanemaruju i određeni pozitivni efekti na životnu sredinu koje izgradnja ovakvih objekata može da ima (zaštita od poplava, poboljšanje režima malih voda i dr.), kao i njihov izuzetno veliki doprinos funkcionisanju društvene zajednice.

Hidroelektrane su neuporedivo efikasnije od svih drugih izvora električne energije u pogledu „praćenja opterećenja“ u realnom vremenu (mogu odgovoriti potrebama tržišta/energetskog sistema iz minuta u minut). S obzirom na svoju fleksibilnost, hidroelektrane se najčešće angažuju u periodima sa najvišom cenom električne energije. Ova fleksibilnost u odzivu na zahteve energetskog sistema zasniva se na korišćenju akumulacionog prostora koji je najčešće višekorisnički. Upravljanje hidroenergetskim sistemima je složeno jer ima za cilj ispunjavanje zahteva energetskog sistema, uz poštovanje različitih ograničenja nastalih usled zahteva drugih korisnika vode i okolnog prostora. Posebno je složeno upravljanje kaskadnim sistemima.

Za optimalno upravljanje eksploatacijom hidroenergetskog potencijala neophodno je da donosioci odluka raspolažu savremenim sistemima za podršku odlučivanju, koji se zasnivaju na velikom fondu osmotrenih podataka i sofisticiranim matematičkim modelima. Ovakvi sistemi su od posebnog značaja u slučajevima kada se akumulacija ili delovi sliva ne nalaze samo u jednoj državi (HE Đerdap, sliv Drine i dr.).

#### **11. Zaključak**

Fosilna goriva i dalje u celom svetu predstavljaju primarni izvor električne energije, ali se njihove rezerve troše, a njihova upotreba se sve više potiskuje. Poslednjih godina raste zastupljenost drugih izvora energije (vetrogeneratori, solarne elektrane), ali njihov rad nije upravljiv i predstavlja veliko opterećenje za elektroenergetske sisteme. Prednosti eksploatacije hidropotencijala su mnogobrojne: fleksibilan rad, visok stepen iskorišćenja, mali troškovi eksploatacije, proverena tehnologija i odsustvo emisije štetnih gasova. Hidroelektrane u elektroenergetskim sistemima omogućavaju akumulaciju i vremensku preraspodelu energije. Hidroenergija će i u narednom periodu predstavljati izuzetno važan izvor energije.

Značajan deo tehnički iskoristivog potencijala u razvijenim državama je već iskorišćen, a najviše novih postrojenja gradi se u zemljama u razvoju koje imaju raspoložive resurse i velike potrebe za energijom. U Srbiji i njenom bližem okruženju postoji znatan neiskorišćen hidropotencijal, ali je potreban određen ekonomski podsticaj, odnosno odgovarajuća energetska-ekonomska strategija. Mogući ekonomski

mehanizmi mogli bi da budu usmereni na drugačije vrednovanje pratećih benefita od izgradnje HE, kao što je, na primer, ublaženje posledica poplava. Neki od potencijalnih projekata hidroelektrana u Srbiji i u okruženju su veoma izgledni, a neki u isto vreme otvaraju određena stručna ili politička pitanja.

## 6. KLIMATSKO MODELOVANJE PADAVINA U BOSNI I HERCEGOVINI PREMA KLIMATSKOM SCENARIJU RCP8.5

dr Goran Trbić, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci  
dr Vladimir Đurđević, Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu

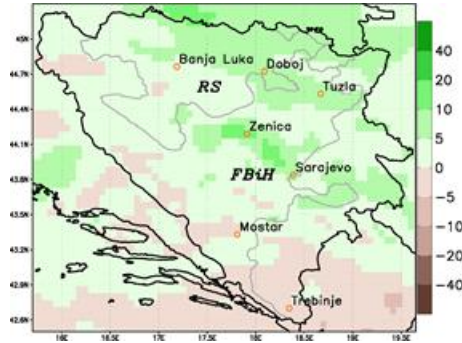
### Rezime

U radu su predstavljeni rezultati istraživanja promjene padavina u Bosni i Hercegovini prema globalnom klimatskom modelu CMCC-CM (Scoccimarro et al. 2011) i klimatskom scenariju RCP8.5. Put reprezentativne koncentracije (The Representative Concentration Pathway- RCP 8.5) odgovara promjeni emisije stakleničkih gasova u poređenju sa drugim scenarijama dostupnim u literaturi (Fisher et al; IPCC 2008), a samim tim i s gornjom granicom RCP-a. RCP8.5 je takozvani "osnovni" scenarij koji ne uključuje posebne ciljeve ublažavanja klime. Emisije i koncentracije stakleničkih plinova u ovom scenariju znatno se povećavaju s vremenom, što dovodi do zračenja od 8,5W/m<sup>2</sup> na kraju 21. vijeka. Očekivana globalna promjena koncentracije ekvivalentnog CO<sub>2</sub> je preko 900ppm. Promjene su determinisane za tri buduću vremenska horizonta 2011-2040, 2041-2070. i 2070-2100. u odnosu na referentni period 1971-2000. Samo za buduću period 2011-2040. očekuje se pozitivna anomalija godišnje sume padavina na većem dijelu teritorije Bosne i Hercegovine u vrijednosti od +5%. Za buduće periode 2041-2070. i 2071-2100. skoro na cijeloj teritoriji se očekuje deficit padavina. Za period 2041-2070 veći dio teritorije ima negativnu anomaliju od -10 % dok je za period 2071-2100. Očekivana promjena u opsegu od -10 do -20% na većem dijelu teritorije Republike Srpske, odnosno Bosne i Hercegovine. Prolječne (MAM) i ljetne sezone (JJA) okarakterisane su smanjenjem količine padavina za dalje vremenske horizonte, što je posebno izraženo za ljetnu sezonu (JJA) i vremenski horizont 2071-2100., gdje se može očekivati negativnu anomaliju veću od -40%. približno za trećinu teritorije (uključujući Hercegovinu). Ovakvi trendovi uz izražene promjene intenziteta padavina, te drugačije pojave snijega i zadržavanja snježnog pokrivača, za posljedicu će imati veći pritisak na vodne resurse. Sem toga, ovakve promjene će usloviti adekvatnije i integralnije planiranje korišćenja i čuvanja zaliha vode na cijeloj teritoriji Bosne i Hercegovine, a naročito na njenom južnom dijelu.

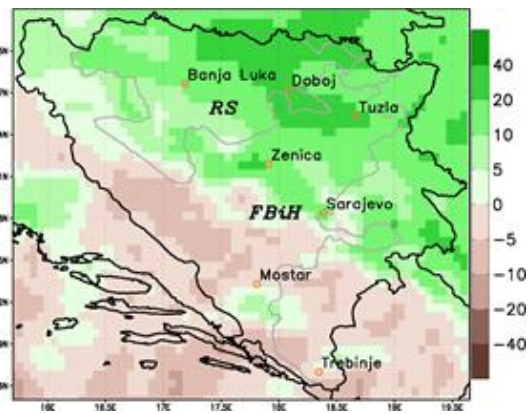
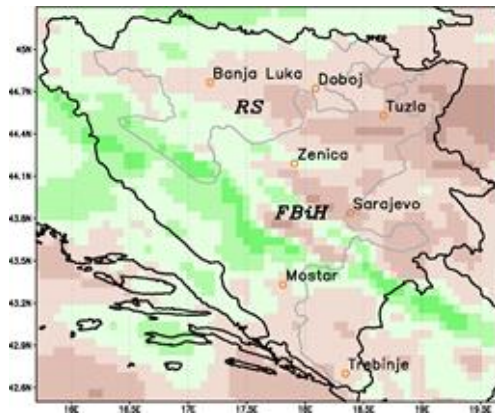
**Ključne riječi:** *Klimatsko modelovanje, količine padavina, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, klimatske promjene.*

## Prilozi

Period 2011-2041.

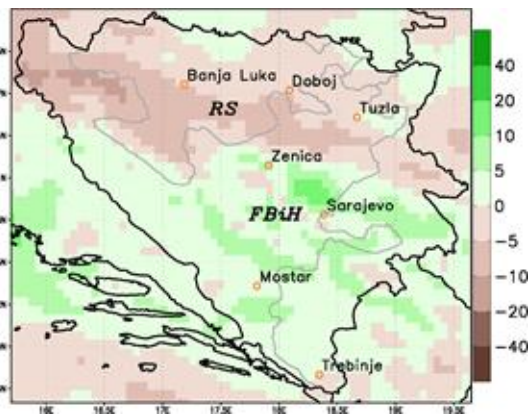
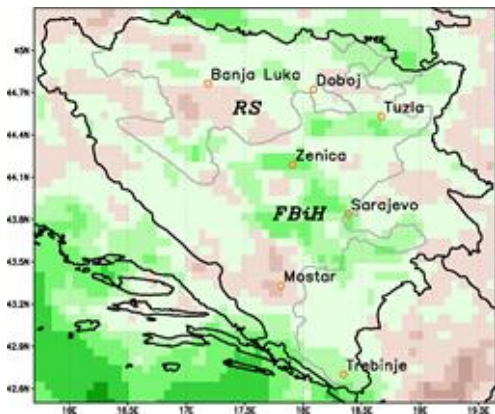


## Godina



## Zima (DJF)

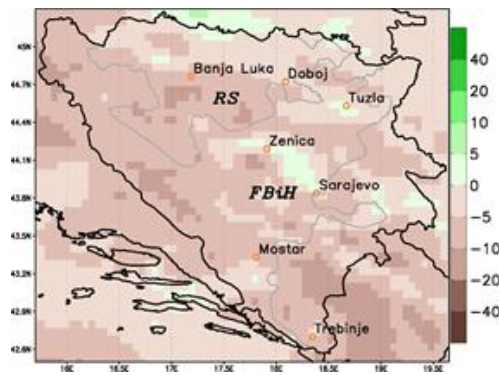
## Proljeće (MAM)



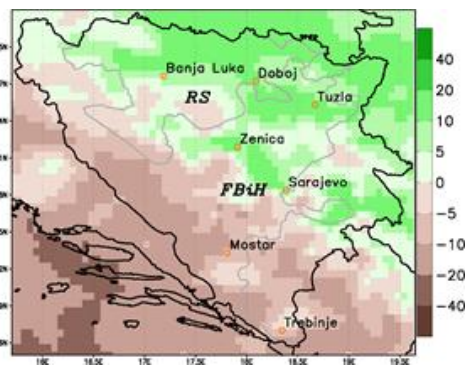
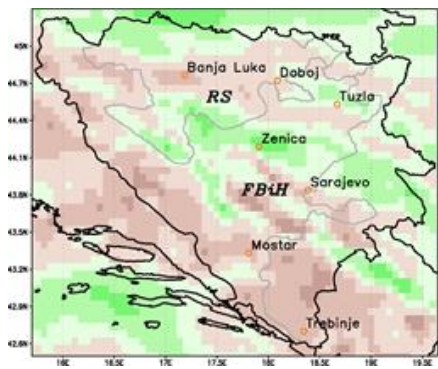
## Ljeto (JJA)

## Jesen (SON)

**Period 2041-2071.**

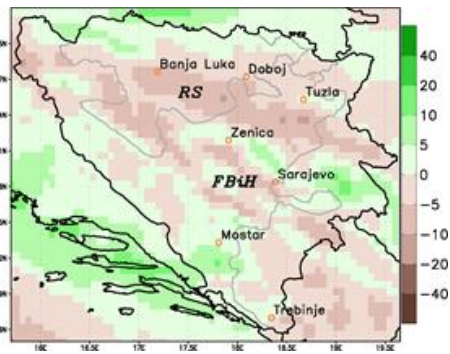
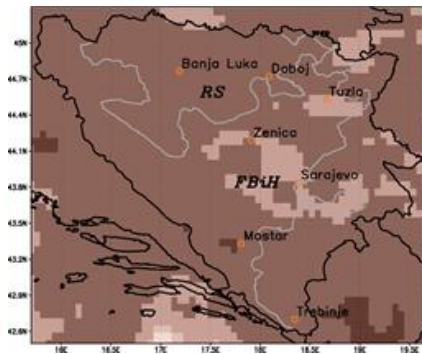


**Godina**



**Zima (DJF)**

**Proljeće (MAM)**

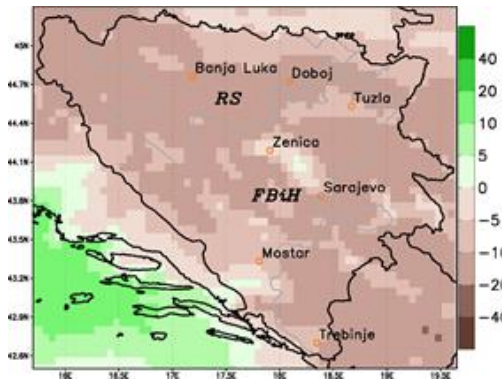


**Ljeto (JJA)**

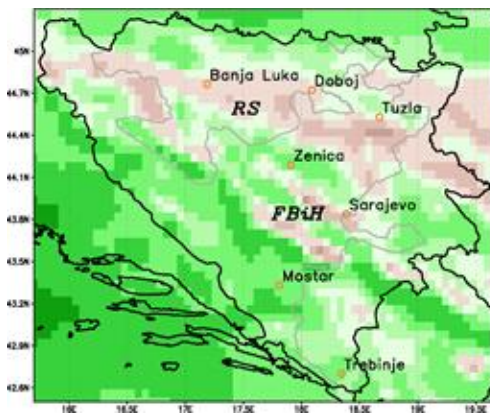
**Jesen (SON)**



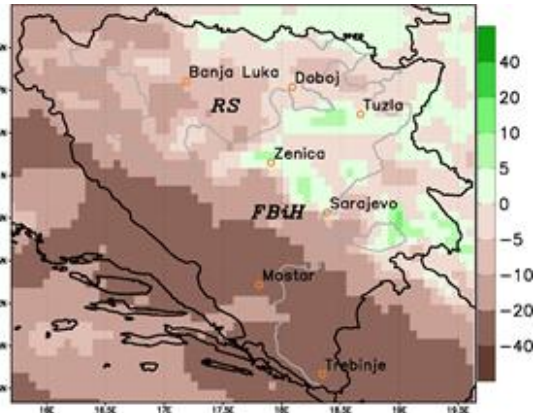
**Period 2071-2100.**



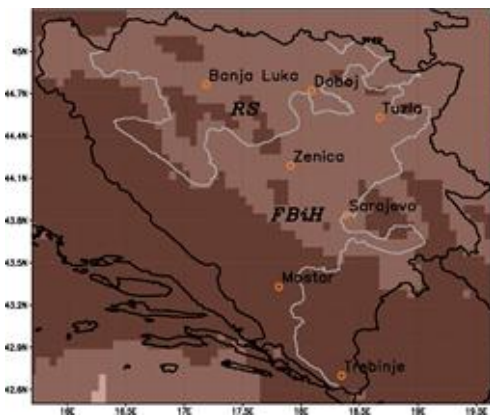
**Godina**



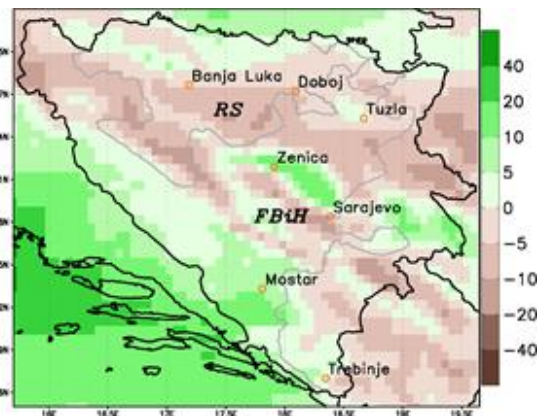
**Zima (DJF)**



**Proljeće (MAM)**



**Ljeto (JJA)**



**Jesen (SON)**

## 7. VISOKE BRANE U REPUBLICI SRPSKOJ STANJE I PERSPEKTIVE ZA ODRŽIV RAZVOJ REGIONA

dr Milenko Stanković, dipl. inž. arh. i dr Mato Uljarević, dipl. inž. građ. Univerzitet u Banjoj Luci, AGGF, Banja, Luka,  
mr Dragan Brnjoš, dipl. inž. građ. Javno Preduzeće Elektroprivreda Republike Srpske, Trebinje, HET

### Rezime

Visoke brane u Republici Srpskoj uglavnom su realizovane u okviru izgrađenih hidroenergetskih potencijala na tokovima rijeka; Trebišnjice, Drine i Vrbasa. Brane su dimenzionisane na način da obezbijede izravnane (višednevno - godišnje), a time ostvare i akumulaciju hidroenergetskog potencijala. S obzirom na njihovu ulogu u realizaciji planirane proizvodnje na instalisanim hidroenergetskim postrojenjima, jasno je da se ovim objektima treba posvećivati kontinuiranu pažnju kroz redovne aktivnosti: osmatranja, analize, sanacije, revitalizacije, kako bi rizik otkazivanja istih u budućem vremenu bio sveden na minimum. U radu će se na primjeru visokih brana, u vlasništvu JP Elektroprivrede Republike Srpske, probabilističkim pristupom analizirati pouzdanost navedenih objekata, sa smjernicama za rad na održavanju postojećih, kao i preporukama kod projektovanja novih visokih brana u slivovima navedenih rijeka.

**Ključne reči:** visoke brane, analiza pouzdanosti, projektovanje, sanacija, revitalizacija

### 1. Uvod

Od ukupne proizvodnje električne energije u Javnom Preduzeću Elektroprivreda Republike Srpske (JPERS), iz hidropotencijala je ostvarena oko 45%. Hidroenergetski potencijal se akumulira korištenjem brana na: rijeci Trebišnjici (Grančarevo, Gorica), rijeci Drini (Višegrad) i rijeci Vrbasa (Bočac). Sve navedene brane izgrađene su u periodu od 1961 do 1990 godine. U njihovoj eksploataciji primijenjeni su sistemi mjerenja i opažanja, kao i analize ponašanja brana pri ostvarenim uslovima. Potrebno je naglasiti da su navedene brane projektovane koristeći obimne istražne radove kojima su obezbijeđeni parametri sa kojima se ušlo u proračunske analize. Takođe projektnim pristupom se zahtijevalo da uticaji ili njihova kombinacija budu manji, za zahtijevani koeficijent sigurnosti, od otpornosti konstrukcije koja je obezbijeđena geometrijom i ugrađenim materijalom za izgradnju iste. Ono što projektnim pristupom nije obuhvaćeno je analiza pouzdanosti datih parametara, kako opterećenja, tako i otpora tokom vremena. Upravo definisana pouzdanost probabilističkim pristupom analize svih parametara u vremenu, trebalo bi da obezbijedi informaciju o pouzdanosti sistema u cjelini (hidroenergetsko postrojenje) ili pak njegovih dijelova kao što je visoka brana u ovom slučaju. Ovim pristupom će se kvalitetno upravljati visokim branama u cilju njihove dugotrajne eksploatacije. Naime, za njihovu dugotrajnu upotrebu neophodno je primijeniti adekvatne mjere na održavanju, moguće i revitalizaciji istih, kako po kvaliteti tako i po blagovremenosti primjene istih. Jasno je da se navedeni poslovi trebaju obavljati u kontinuitetu sa prioritetom definisanim na osnovu analize pouzdanosti predmetnih objekata. Može se reći da se ovim pristupom obezbeđuje preventivno umjesto posledičnog djelovanja, a što je od velikog značaja u upravljanju hidroenergetskim sistemima.

### 2. Analiza pouzdanosti visokih brana kao podsistema hidroenergetskih sistema

Osnovna zadaća pri procjeni inženjerske pouzdanosti je kvantifikacija pouzdanosti inženjerskog sistema. Nedostaci ili pogreške u projektovanju inženjerskih građevina uzrokuju određene poteškoće prilikom funkcionisanja istih. Rizik mogućeg otkazivanja sistema je rezultat kombinacije slučajnog djelovanja vanjskog opterećenja i različitih nepouzdanosti koje se neminovno pojavljuju u procesima analize, dimenzionisanja, te u konstrukcijskim i operativnim procesima. Kvantifikovanje nepouzdanosti koristeći vjerovatnoću i statistiku je jedini pristup u analizi pouzdanosti i procjeni rizika. Inženjeri se



često fokusiraju na pojedine komponente sistema, a manje na cjelinu dok analize pouzdanosti i rizika isključivo promatraju cjeloviti sistem. Skoro svi inženjerski sistemi smješteni su u prirodi i podložni su različitim opterećenjima i pritiscima. Otpor, snaga, kapacitet su sposobnosti inženjerskog sistema da zadovolji svoju predviđenu ulogu. Opterećenje, pritisci i zahtjevi uzrokuju moguće otkazivanje funkcije pr. brane ako prekoračuju gore navedene sposobnosti. Upravo sve prisutna i neizbježna nepouzdanost u procjeni otpora i opterećenja rezultira analizi nepouzdanosti i rizika kao važnom dijelu u odlučivanju pri izgradnji i upravljanju inženjerskim objektima. Projektovanje, izgradnja i upravljanje hidrotehničkim sistemom uključuje analizu niza hidroloških, hidrauličkih, geofizičkih, geoloških, ekonomskih i ostalih procesa koji se javljaju u različitim fazama života jednog inženjerskog sistema. Otkazivanje nekog inženjerskog sistema može se definisati kao slučaj kada opterećenje (vanjske sile ili zahtjevi) postaje veće od otpora (snaga, kapacitet ili ponuda) sistema. Pouzdanost se definiše kao vjerovatnoća sigurnog rada sistema kada je otpor sistema uvijek veći ili isti opterećenju. Ovako postavljena analiza pouzdanosti ne razmatra vremensku promjenljivost opterećenja i otpora već promatra najnepovoljnije moguće opterećenje, što se u literaturi naziva *statička analiza pouzdanosti*. U slučajevima kada hidrotehnički sistemi imaju duži vijek trajanja te su podložni različitim prirodnim procesima, potrebno je da se prate slučajnost pojave opterećenja i moguće promjene otpora sistema tokom vremena. Takvi primjeri spadaju u *vremenski zavisne analize pouzdanosti*.

### 3. Zaključak

Za pravilno upravljanje rizicima u eksploataciji visokih brana kao dijela sistema hidrotehničkih sistema neophodno je provođenje analize pouzdanosti. Analiza pouzdanosti obuhvata analizu parametara opterećenja i parametara otpora tokom vremena. Predmetnu analizu je potrebno raditi kako za izgrađene brane u cilju definisanja njihove buduće eksploatacije, tako i za procese projektovanje planiranih brana. Veoma korisne podloge u predmetnim analizama jesu stečena iskustva iz dosadašnjeg korištenja izgrađenih brana, gdje je moguće testirati pouzdanost parametara, te proračunskih modela koji su uključeni u definisanju pouzdanosti brane. Definisanja pouzdanosti brana u vremenu, je neophodan pristup u definisanju smjernica za eksploataciju istih, te na tome donošenje racionalnih odluka. Ovim pristupom će se blagovremeno izvoditi radnje preventivnog karaktera, što će rezultirati svođenjem rizika na minimum, a time doprinijeti stabilnosti (pouzdanosti) hidrotehničkog sistema u cjelini na putu ka održivosti cijelog regiona.

## 8. ENERGETSKI POTENCIJALI REPUBLIKE SRPSKE: OD FOSILNIH KA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE

Dr Milovan Bajić, dipl.ecc. Krajinapetrol a.d. Banja Luka, Direktor

### Rezime

Imati dovoljno energije i mogućnost da se ona adekvatno koristi jedan je od najbitnijih uslova potrebnih za razvoj svake društvene zajednice. Za razvoj energetskog sektora neophodno je posjedovanje energetskih izvora, ali i potrebnih finansijskih sredstava, te raspolaganje odgovarajućim tehnologijama. Kod donošenja odluka o investicijama u energetiku, potrebno je pristupiti sveobuhvatnoj i temeljitoj analizi raspoloživih resursa i opredijeliti se za ulaganja na način da se postignu što bolji rezultati, te da se u potpunosti iskoriste komparativne prednosti koje određena zajednica ima u odnosu na druge. Osim raspoloživih izvora energije, treba u obzir uzeti i niz drugih faktora. To su prije svega potrebe za energijom i to u smislu mogućih i potrebnih oblika energije, mogućnosti supstitucije pojedinih oblika, načina transporta energije potencijalnim potrošačima, cijeni proizvodnje i uticaju na okruženje. Bosna i

Hercegovina (dalje:BiH) i Republika Srpska (dalje:RS) iz obnovljivih izvora energije proizvode značajan dio električne energije, ali uglavnom se koristi hidropotencijal, dok se veoma malo koriste ostali izvori obnovljive i čiste energije. Da bi mogla donositi konkretne planove razvoja i ulaganja svaka zajednica mora znati kolikim i kakvim energetske potencijalima raspolaže. U ovom radu su prezentovani do sada istraženi i dokazani energetske potencijali u RS, sa ciljem sagledavanja mogućnosti značajnijih ulaganja u obnovljive izvore energije.

**Ključne riječi:** *energetski izvori, hidroenergija, biomasa, solarna energija*

### **1. Specifičnosti energetske sektora RS**

RS zauzima teritoriju od 24.526 km<sup>2</sup> sa 1.170.342 stanovnika (podacima Zavoda za statistiku RS o popisu iz 2013. godine) ili sa 1.327.000 stanovnika (podacima Zavoda za statistiku BiH). Procjene su da trenutno u RS živi nešto više od milion stanovnika. Ustavno-pravno i ekonomsko uređenje BiH je takvo da RS ima određene oblike samostalnosti (ima svoju vladu i značajnu ekonomsku samostalnost). U okviru Vlade RS Ministarstvo energetike i rudarstva zaduženo je za odvijanje privrednih i energetske aktivnosti u RS.

Konvencionalni izvori energije u RS

Ugalj je najzastupljeniji resurs u energetici RS. Rezerve uglja u RS su ravnomjerno raspoređene i protežu se od Lješnjana kod Novog Grada na zapadu, a do Gacka na jugoistoku RS. Sirova nafta se ne eksploatiše na teritoriji BiH i RS. Ipak, naftna privreda je nezaobilazna u analizi energetske potencijala. Ovo je prije svega zbog činjenice da na području RS postoje dva velika prerađivačka kapaciteta iz ove oblasti.

### **2. Obnovljivi izvori energije u Republici Srpskoj**

Najznačajniji obnovljivi izvori energije koji se koriste ili bi se mogli koristiti u RS su: Hidropotencijali; Vjetropotencijali; Potencijali solarne energije; Geotermalni potencijali; Energetske potencijali biomase. RS spada u područja koja su relativno bogata hidroenergetskim potencijalima. Ukupan tehnički iskoristivi hidropotencijal je oko 3.200 MW instalisane snage. Najveći dio hidropotencijala je u slivovima Trebišnjice, Drine i Vrbasa. Ovo je jedini obnovljivi potencijal koji je iskorišćen u značajnoj mjeri, mada postoji još dosta dokazanih, a neiskorišćenih hidroenergetskih potencijala. Za teritoriju RS izrađen je modelski atlas vjetra, po kome su najperspektivnija područja za izgradnju vjetroelektrana južni dio RS i to na prostoru od Kalinovika do Trebinja. Teorijski utvrđeni potencijal za proizvodnju električne energije, na trinaest lokacija, iznosi oko 640 MW, sa očekivanom godišnjom proizvodnjom oko 1.200 GWh. RS, zbog svog geografske položaja i dovoljnog broja sunčanih dana predstavlja pogodno područje za korišćenje sunčeve energije. Područje RS primi sunčeve energije koja je preko hiljadu puta veća od ukupne potrošnje energije u RS. Ovi neshvatljivo veliki potencijali se veoma malo koriste. Potencijali geotermalne energije su ogromni, ali se ona za sada malo koristi. Tamo gdje su topli izvori na površini ova energija se koristi kao toplotna. Geotermalna energija je ekonomski iskoristiva za transformaciju u toplotnu i električnu energiju. Korišćenje toplotne energije je relativno tehnički jednostavno i ekonomski isplativo tamo gdje nije potrebno vršiti velike bušotine i gdje se topla voda nalazi blizu zemljine površine. Razvojem tehnologije moguće je vršiti bušenja na većim dubinama. Tamo gdje je moguće topla voda se direktno pomoću cijevi dovodi do potrošača. Biomasa predstavlja veliki energetske potencijal RS.

RS spada u područja bogata šumom, pa je potrebno analizirati mogući energetske potencijali ovog prirodnog, većim dijelom obnovljivog izvora energije. Da bismo shvatili kolike su mogućnosti šumskog bogatstva kao izvora energije, posmatrano je kolike i kakve su šumske površine u RS. Drvo se koristi u niz drugih svrha (proizvodnja namještaja, papira, građevinarstvo...), ali ono ima veliku ulogu i kao izvor energije. Kod nas se drvo najviše koristi kao ogrijevno, ali postoje veliki potencijali i za proizvodnju električne energije za koju se mogu koristiti šumski otpad i otpad kod prerade drveta u industriji. Ostaci od poljoprivredne proizvodnje i stočnih farmi su veoma značajan izvor energije u mnogim zemljama. U RS se sve više govori o ovom energetske potencijalu, ali nažalost ne postoje ozbiljne i dostupne analize o veličini ovih potencijala. Analizirajući podatke i proračune iz nekoliko studija došlo se do zaključka da bi

RS mogla, koristeći đubre samo od goveda, svinja i živine na godišnjem nivou da proizvede oko 1,3 PJ energije. To bi sa proizvodnjom iz otpada poljoprivrednih kultura moglo da bude više od 2 % ukupne potrošnje energije u RS. Ovo su samo tehnički i mogući potencijali, a da bismo vidjeli kakvo je stvarno stanje, treba napraviti detaljnu analizu.

### 3. Zaključak

U odnosu na površinu koju zauzima, broj stanovnika koji u njoj žive, za RS se može konstatovati da raspolaže zavidnim energetske potencijalima. Postoji mogućnost proizvodnje električne energije koja je dovoljna za vlastite potrebe, te za značajan izvoz. Iako prema zvaničnim pokazateljima RS iz obnovljivih izvora energije proizvodi oko 40% električne energije, potencijali obnovljivih izvora nisu dovoljno iskorišćeni. Skoro kompletna proizvodnja iz obnovljivih izvora odnosi se na hidropotencijale, dok je zanemarljiva proizvodnja iz ostalih obnovljivih izvora (aktuelni su potencijali vjetra i solarne energije). Da bi se značajni potencijali biomase, šumskog i poljoprivrednog otpada koristili potrebno je donošenje niza mjera i podsticajne politike. BiH, i RS, još su uvijek veoma zavisne od rada termoelektrana. Zbog preuzetih obaveza prema Energetskoj zajednici, ali prije svega zbog zdravlja njenih stanovnika, kompletna regija se mora brže i efikasnije kretati ka što većem učešću proizvodnje čiste energije. RS kao dio regije i regionalnog energetske sistema ima mogućnosti i šanse da sve više proizvodi čistu energiju, koristeći obnovljive izvore. RS i BiH su potpuno ovisne o uvozu nafte i naftnih derivata, te tečnog naftnog gasa i prorodnog gasa. Od toga kako će teći izgradnja gasovoda i gdje će se u tom procesu naći zavisi dobrim dijelom i energetska sigurnost BiH i RS u budućnosti.

## 9. GEOTERMALNA POTENCIJALNOST REPUBLIKE SRSPKE

**Jolović Boban**, diplomirani inženjer geologije; **Toholj Nenad**, diplomirani inženjer geologije; **Stevanović Andrijana**, diplomirani inženjer tehnologije, Republički zavod za geološka istraživanja Republike Srpske

### Sažetak

Izuzimajući holokarstne terene Istočne Hercegovine, ostatak teritorije Republike Srpske (*dalje:RS*) se odlikuje dogovarajućom geotermalnom potencijalnošću. Najznačajniji dokazani geotermalni potencijali su hidrotermalni locirani na krajnjem sjeveroistoku RS. Uprkos činjenici da se RS odlikuje pozitivnim karakteristikama u pogledu geotermalne energije direktno korištenje ovog obnovljivog izvora energije je neadekvatno, kao i korištenje pomoću toplotnih pumpi. Trenutna moguća proizvodnja iz geotermalnih bunara procjenjena na 40 MW<sub>th</sub>. Dodatnih 2.5-3.0 MW<sub>th</sub> može biti dobijeno iz termalnih izvora. Najznačajnije je istaći da sve procjene o geotermalnoj potencijalnosti govore da ona višestruko premašuje trenutno raspoloživu. Struktura trenutnog korištenja geotermalne enrgije u RS nije adekvatna i efikasna. Kaskadno korištenje, kao način korištenja termalne vode u različitim energetske nivovima trebalo bi da bude u fokusu budućih projekata. Jedan od ključnih koraka u pogledu boljeg iskorištenja geotermalnih potencijala RS jeste i njen adekvatan tretman u strateškim energetske dokumentima i intenzivnijoj podršci nadležnih entitetskih tijela u pogledu finansiranja osnovnih geoloških istraživanja ovog vida energije.

**Ključne riječi:** *geologija, geotermalna, obnovljivi, energija, korišćenje.*

## 1. Uvod

Najveći dio RS pripada Dinarskom orogenu, samo manji dio (na sjeveru i sjeveroistoku) pripada krajnjem južnom obodu Panonskog basena. U sklopu ove dvije cjeline registrovane su stijene starosti od donjeg paleozoika do neogena i kvartara, inače prilično heterogene u pogledu geotermalnih karakteristika. Geotermalne karakteristike bilo koje teritorije usko su pvezane sa geološkim geomorfološkim, geofizičkim, te paleo i neotektonskim karakteristikama. Kao posljedica veoma kompleksnih osobina RS u tom pogledu, definisani su tereni različite geotermalne potencijalnosti.

## 2. Geotermalna energija i geotermalni resursi

Buševići sve dublje i dublje u zemljinu unutrašnjost nalazi se generalno na sve višu temperaturu, jer zemljina unutrašnjost obiluje toplotom. Ovakav vid toplote se naziva geotermalna energija. Nosioći toplote u zemljinoj unutrašnjosti mogu biti fluidi u pornom prostoru stijena ili pak same stijene. Osnovni vid geotermalnih resursa u RS su hidrotermalni, sa različito zagrijanom vodom u porama različitih stijena. Osim geotermalne energije ka opšteg termina, geotermalni resursi se jednostavno definišu kao unutrašnja zemljina toplota koja se ekonomski opravdano može koristiti za proizvodnju električne energije ili neku drugu odgovarajuću namjenu: za zagrijavanje prostora, u industriji, poljoprivrednoj proizvodnji, životinjskom uzgoju, domaćinstvu itd. Pored hidrotermalnih postoje i drugi tipovi geotermalnih resursa kao što su geopresirane zone i petrogeotermalni resursi. Na trenutnom nivou geološkog znanja u RS se mogu samo pretpostaviti. Jedini dijelom istraženi i korišteni danas jesu hidrogeotermalni resursi. Stoga oni i jesu u fokusu ovog rada. Druga dva tipa geotermalnih resursa mogu biti interesantna u budućnosti strogo zavisno od razvoja odgovarajućih istraživački i eksploatacionih tehnologija i tehnika.

## 3. Indikatori geotermalne potencijalnosti

Osnovni geotermalni parametar za ocjenu geotermalne potencijalnosti nekog područja je geotermalni gradijent. Geotermalni gradijent predstavlja konduktivni terestički parametar tj. stepen povećanja zemljine temperature sa dubinom, uglavnom izražen u  $^{\circ}\text{S}/\text{m}$  ili  $^{\circ}\text{S}/\text{km}$ . Geološki različita područja imaju različite geotermalne gradijente, a samim tim i različit potencijal. Generalno, veći geotermalni gradijent odgovara područjima koja sadrže više geotermalne energije. Na osnovu raspodjele vrijednosti ovog geotermalnog parametra na teritoriji RS moguće je izvesti zaključak o većem geotermalnom potencijalu sjevernih dijelova RS, prvenstveno na području Semberije, Posavine i Banja Luke. Vrijednosti geotermalnog gradijenta se kreću od  $10^{\circ}\text{S}/\text{km}$  (karstni predjeli u istočnom dijelu Hercegovine) do maksimalnih  $55^{\circ}\text{S}/\text{km}$  (u Semberiji). Karta rasoreda ovog parametra prezentovana u Geotermalnom atlasu Republike Srpske (*Jolović i Toholj, 2012*) i ukazuje na povoljnu raspodjelu ovog parametra, obzirom da najveće vrijednosti odgovaraju najznačajnijim-najnaseljenijim i najistraženijim područjima Srpske (Banja Luka, Bijeljina itd.).

## 4. Rezultati dosadašnjih istraživanja

Izuzimajući holokarstne terene Istočne Hercegovine (sa pomenutim niskim vrijednostima geotermalnog gradijenta) ostatak teritorije Srpske se odlikuje manjom ili većom geotermalnom potencijalnošću. Najznačajniji hidrotermalni sistemi se nalaze na sjevernom dijelu Srpske, u sklopu takozvane "zone prostranih arteskkih basena" (prije svega područja Semberije i Posavine). Drugo značajno područje, sa značajnim površinskim manifestacijom geotermalne aktivnosti (termalni izvori), je područje centralnog ofiolitskog pojasa, koje se prostire od krajnjeg istoka (Višegrad), preko Zvornika, Teslića i Banja Luke na krajnji zapad (Novi Grad) Republike Srpske. Najznačajniji rezultati geotermalne potencijalnosti arteskkih basena na sjeveru dobijeni su u Semberiji, 1956., tokom bušenja bušotine S-1. Ova bušotina je i dalje u upotrebi u Banji Dvorovi. Perspektivnost je naknadno potvrđena bušenjem bušotina BIJ-1 (2457 m, 1984), DV-1 (1500 m, 1989) i GD-2 (1800 m, 2010). U području Posavine najznačajniji rezultati dobijeni

su iz bušotina u Domaljevcu (pripada FBiH, na oko 5 km od entitetske granice). Najveća vrijednost samoizliva na bušotini D-1 je iznosila 20 l/s sa temperaturom oko 92°C. Tokom kasnijih istraživanja nafte i gasa (80-ih godina prošlog vijeka) u naseljima Obudovcu i Brvniku na prostoru Srpske, na znatno većoj dubini od one u Domaljevcu, trijaski krečnjaci koji predstavljaju termalni rezervoar u Domaljevcu, nisu nabušeni.

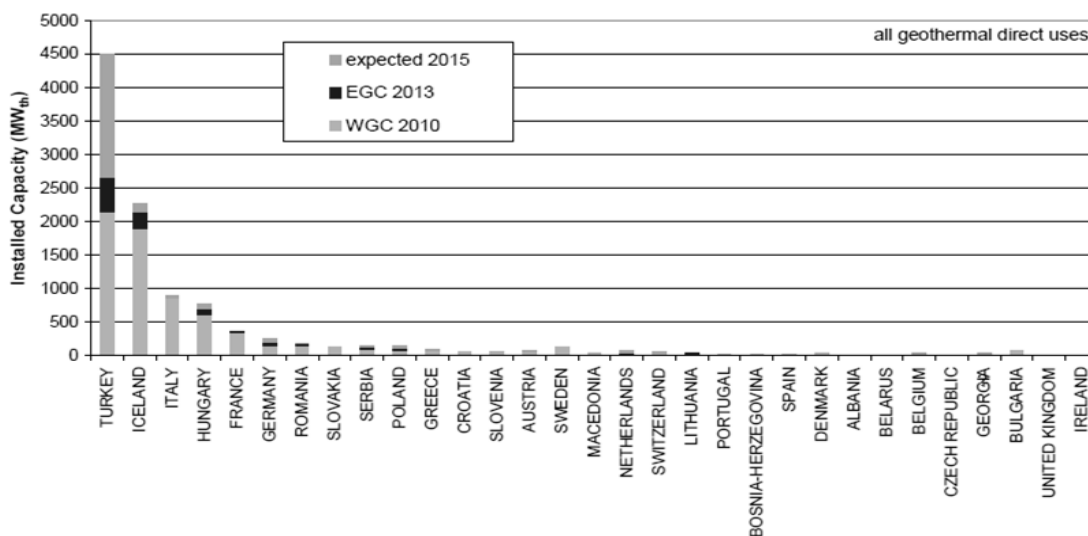
Ostale značajne pojave termalnih voda na teritoriji RS vezane su za ofiolitsku zonu. Samo dvije lokacije sa temperaturom preko 20°C su registrovane u istočnom dijelu RS (ako se izuzme Semberija): prva se nalazi u blizini Višegrada (Vilina vlas 20-33°C) a druga je u kanjonu rijeke Drinjače (dva lokaliteta, Perin grad i Raševo, 24-32°C). Ostale pojave termalnih voda u ofiolitskoj zoni su uglavnom registrovane duž tzv. "sprečanskog rasjeda" (Sočkovac, Teslić, Kulaši), te u Slatina kod Banja Luke i Lješljanima, na krajnjem zapadu Srpske.

Neophodno je naglasiti da su tokom geotermalnih istraživanja u RS u prošlosti, uglavnom definisani tzv. "tranzitni" akviferi (u ofiolitskom pojasu, kao zone uzlaznog toka termalnih voda, od primarnih akvifera preko rasjednih zona do površine) i u manjoj mjeri primarni akviferi (npr. Semberija, gdje trijaski sedimenti na dubinama preko 1500 m predstavljaju primarne rezervoar termalnih voda). Određivanje primarnih akvifera u okviru ofiolitske zone, posebno u banjalučkom regionu, biće jedan od glavnih zadataka u budućnosti.

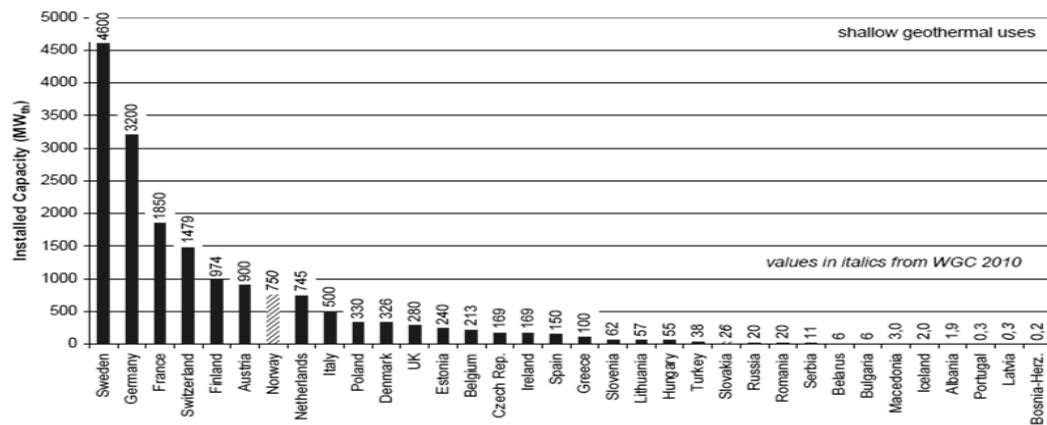
Takođe, neki drugi geotermalni sistemi mogu biti interesantni za istraživanje u budućnosti (kao što su geopresirane zone). Na osnovu trenutnog nivoa geotermalnog znanja na teritoriji RS urađena je karta dokazanih i perspektivnih geotermalnih zona (Jolović i Stevanović, 2015).

## 5. Trenutno korištenje i raspoloživa termalna snaga

Uprkos činjenici da RS ima povoljne geotermalne karakteristike, direktna upotreba ove vrste obnovljivih izvora energije je neadekvatna (odnosi se i na Bosnu i Hercegovinu u cjelini) (slika 1). Još lošiji pokazatelji vezani su za upotrebu geotermalne energije primjenom toplotni pumpi (slika2).

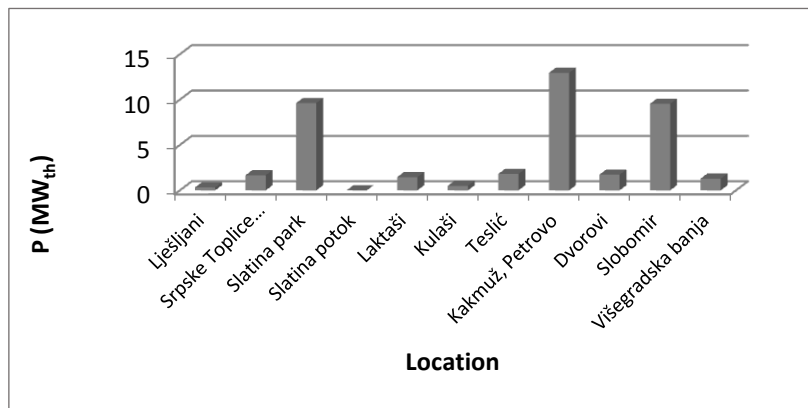


Slika 1: Direktna upotreba, instalirani kapaciteti u Evropi (EGEC, Keinote, Sažetak izvještaja o ažuriranju zemalja o geotermalnoj energiji u 2013. godini)



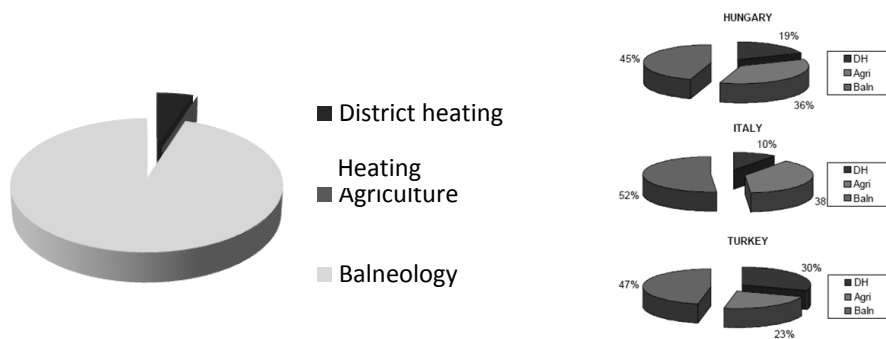
Slika 2: Toplotne pumpe, instalirani kapaciteti u Evropi (EGEC, Keinote, Sažetak izveštaja o ažuriranju zemlje o geotermalnoj energiji u Evropi za 2013. godinu)

Pregled trenutne mogućnosti proizvodnje energije iz geotermalnih bušotine na teritoriji RS po lokalitetima dat je na slici 3. i iznosi oko 40MW<sub>th</sub>.



Slika 3: Postojeće mogućnosti proizvodnje geotermalne energije u nekim lokalitetima na teritoriji Republike Srpske

Gruba ocjena je da se svega 2/5 ovog potencijala koristi. Dodatna 2.5-3.0 MW<sub>th</sub> mogu se dobiti iz termalnih izvora (referentna temperatura za proračun iznosila je 20°C). Bitna činjenica je da je procenjeni geotermalni potencijal prostora Srpske nekoliko puta veći od prethodno navedene raspoložive energije. Značajne mogućnosti primjene geotermalnih resursa odnose se na sektor daljinskog grijanja (iz dubokih hidrogeotermalnih sistema) i primjenu tzv. subgeotermalnih resursa (temperature niže od 30°C) korištenjem toplotnih pumpi (iz plitkih geotermalnih resursa – kako hidro tako i petrogeotermalnih). Struktura trenutnog korištenja hidrogeotermalne enregije je takođe neadekvatna i uglavnom je ograničena na tradicionalnu upotrebu – za balneologiju i rekreaciju (veoma rijetko za zagrijavanje prostora) (slika 4).



Slika 4: Učešće daljinskog grejanja, poljoprivredne upotrebe i balneologije u direktnoj upotrebi geotermalne energije u Republici Srpskoj \* i nekim razvijenijim zemljama za 2012. godinu \* daljinsko grejanje u RS, samo grejanje pojedinačnih objekata, obično sa primenom

Generalno posmatrajući, ovakav način korištenja hidrogeotermalne energije predstavlja energetski najneefikasniji način korištenja. Kaskadno korištenje, kao način korištenja jedne te iste vode u različitim energetskim nivoima (npr. Zagrijavanje prostora → poljoprivredna proizvodnja → balneologija i rekreacija) mora biti u fokusu projekata budućeg korišćenja ove vrste obnovljivih izvora energije.

## 6. Zaključak

Na osnovu trenutnog geološkog poznavanja teritorije RS ista se može ocjeniti kao povoljna sa aspekta geotermalnih karakteristika. Pored dijelova teritorije sa dokazanim geotermalnim resursima, postoje brojne druge zone interesantne sa aspekta detaljnih geoloških istraživanja i mogućnosti zahvatanja ovog vida energije. Trenutna struktura korištenja raspoložive geotermalne energije u RS, iz geotermalnih bušotina i izvora, je neadekvatna, posebno u poređenju sa razvijenim zemljama. Dok ove zemlje konstantno povećavaju učešće direktnog korištenja, posebno u sektorima toplifikacije i poljoprivrede, sa kaskadnim pristupom korištenju, u RS još uvijek dominira tradicionalni vid korištenja, za potrebe balneologije i rekreacije. Termalna efikasnost u ovakvom pristupu korištenju veoma je niska. Neophodno je unapređenje iste u budućnosti, u skladu sa strateškim opredjeljenjima vezanim za dekarbonizaciju i unapređenje energetske efikasnosti. Jedan od ključnih koraka za unapređernje korištenja geotermalne energije jeste adekvatan tretman ovog obnovljivog izvora energije u strateškim energetskim dokumentima RS kao i značajnija finansijska podrška osnovnim geotermalnim istraživanjima.

## 10. INDUSTRIJA 4.0

Sasa Simović, inž. el. i IT, Festo Didactic SE, Denkendorf, Njemačka, Odeljenje školskih učila

### Rezime

Industrija 4.0 predstavlja 4. ključnu transformaciju u istoriji fabričke automatizacije sa glavnim ciljem da: *Obezbedi različitost proizvoda* u okviru iste proizvodne linije; *Skrati vreme odgovora* na pojedine/specifične potrebe kupaca; *Optimizuje proizvodnju*, štedeći novac i vreme i *Sabira, deli i koristi informacije*, povezujući uređaje proizvodne linije u mrežu. Iako se termini „Industrija 4.0“ i „četrta industrijska revolucija“ često upotrebljavaju naizmenično, „Industrija 4.0“ fabrike imaju mašine koje su zasnovane na bežičnim povezivanjem i senzorima, povezanim u sistem koji može vizuelizovati celokupnu

proizvodnu liniju i samostalno donositi odluke. U suštini, Industrija 4.0 je trend ka automatizaciji i razmeni podataka u proizvodnim tehnologijama i procesima koji uključuju kibernetičko-fizičke sisteme (CPS), internet stvari (IoT), industrijski internet stvari (IIOT), cloud computing, kognitivno računanje i veštačku inteligenciju.

## 12. Uvod

Izraz "Industrie 4.0", skraćeno „I4.0“ ili jednostavno „Industrija 4“, nastao je 2011. godine iz projekta visoke tehnološke strategije Njemačke vlade, koja promovira kompjuterizaciju proizvodnje. Izraz "Industrie 4.0" javno je uveden iste godine na sajmu u Hanoveru. U oktobru 2012. godine, Radna grupa za industriju 4.0 predstavila je njemačkoj saveznoj vladi set preporuka za sprovođenje filozofije „Industrija 4.0“. Članovi i partneri radne grupe u industriji 4.0 prepoznati su kao osnivači i pokretačka snaga iste.

U Industriji 4.0 postoje četiri principa dizajna. Ovi principi podržavaju kompanije u prepoznavanju i primeni scenarija Industrije 4.0:

- *Međusobno povezivanje*: Sposobnost mašina, uređaja, senzora i ljudi da se međusobno povezuju i komuniciraju putem Interneta stvari (IoT) ili Interneta ljudi (IoP);
- *Transparentnost informacija*: Transparentnost koju pruža Industrija 4.0 pruža operaterima ogromne količine korisnih informacija potrebnih za donošenje odgovarajućih odluka. Međusobno povezivanje omogućava operaterima da prikupe ogromne količine podataka i informacija iz svih tačaka proizvodnog procesa, pomažući tako funkcionalnost i identifikaciju ključnih područja koja mogu imati koristi od inovacija i poboljšanja;
- *Tehnička pomoć*: Sposobnost sistema da pomognu ljude tako što često prikupljaju i vizualizuju informacije bitne za donošenje odluka i rešavanje hitnih problema, kao i sposobnost kibernetičko-fizičkih sistema da fizički podrže ljude vršeći niz zadataka koji su neugodni, previše iscrpljujući ili nesigurni za ljude;
- *Decentralizovane odluke*: Sposobnost kibernetičko-fizičkih sistema da samostalno donose odluke i da izvršavaju svoje zadatke što je moguće autonomnije. Samo u slučaju izuzetaka, smetnji ili sukobljenih ciljeva, zadaci su delegirani na viši nivo.

Industrija 4.0 predviđa ekološki održivu proizvodnju tako što će imati zelene proizvodne procese, zeleno upravljanje lancem snabdevanja i zelene proizvode.

## 13. Osnovni elementi filozofije „Industrija 4.0“

Postoje četrdeset i tri (43) osnovna elementa filozofije "Industrija 4.0":

- |                           |                         |                             |                                     |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| - CPS                     | - QR                    | - VR                        | - Reconfigurable Factory            |
| - RFID                    | - AI                    | - WWW                       | - Lot Size 1                        |
| - NFC                     | - OPC-UA                | - Digital Production Memory | - Plug&Produce                      |
| - M2M                     | - IoT/IIoT              | - Bionics                   | - Shopfloor Management I4.0         |
| - MMI                     | - ERP,                  | - Asisted Operator          | - Lean Management                   |
| - MRC                     | - MES                   | - Mobile Robotics           | - Digital Twin                      |
| - AR                      |                         | - Energy Efficiency         | - Digital Shadow                    |
|                           |                         | - Renewable Energy          | - Horizontal & Vertical Integration |
| - Pick/Put By Light       | - Supplier Relationship |                             |                                     |
| - Smart Maintenance       | - Intelligent Logistics |                             |                                     |
| - Condition Monitoring    | - Smart Devices         |                             |                                     |
| - Data Security           | - Smart Machine         |                             |                                     |
| - Real-Time Communication | - Smart Factory         |                             |                                     |
| - Big Data, Cloud         |                         |                             |                                     |



#### **14. Izazovi u implementaciji „Industrije 4.0“**

Postoji nekoliko ključnih izazova, koje proces implementacije filozofije industrijske proizvodnje „Industrija 4.0“ sobom nosi: *Ekonomski* (Visoki ekonomski troškovi; Prilagođavanje poslovnog modela; Nejasne ekonomske koristi / prevelika ulaganja); *Društveni* (Privatnost; Nadzor i nepoverenje; Gubitak mnogih poslova u automatskim procesima i procesima pod kontrolom IT-a); *Politički* (Nedostatak propisa, standarda i oblika sertifikata; Nejasna pravna pitanja i sigurnost podataka); *Organizacioni / interni* (Pitanja informatičke bezbednosti; Pouzdanost i stabilnost potrebna za kritičnu komunikaciju između mašine i mašine (M2M), uključujući vrlo kratka i stabilna vremena kašnjenja; Potreba da se održi integritet proizvodnih procesa; Potreba za zaštitom industrijskog znanja (koja se takođe nalazi u kontrolnim datotekama za industrijsku automatizaciju); Nedostatak odgovarajućih veština za ubrzanje tranzicije ka četvrtoj industrijskoj revoluciji; Nedovoljna kvalifikacija zaposlenih).

#### **15. Kvalifikacije: Kako pripremiti radnosposobni kadar za zahteve industrije bazirane na „Industriji 4.0“**

Da bi se ideje „digitalne“ industrijske proizvodnje sprovele u delo, ključni faktor je imati edukovanu radnu snagu, ljude koji poznaju tehnologije utkane u „Industriju 4.0“. S toga je neophodno:

- *Napraviti analizu postojećih proizvodnih profila* kako na sekundarnom tako i na tercijarnom nivou školovanja, odstraniti zastarele i uvesi nove, moderne sadržaje, koje prate zahteve „Industrije 4.0“,
- *Razviti nastavne planove i programe za nove profile* kako na sekundarnom tako i na tercijarnom nivou školovanja, odstraniti zastarele i uvesi nove, moderne sadržaje, koje prate zahteve „Industrije 4.0“,
- *Napraviti analizu postojećeg nivoa znanja zaposlenih* u svakoj proizvodnoj celini i uporediti je sa zahtevima poslovnih planova, zasnovanih na „Industriji 4.0“. Na osnovu uporedne analize kreirati plan dokvalifikacije ili prekvalifikacije zaposlenih

#### **16. Digitalizacija u energetici: Kako razumeti značenje pojma Pametne Mreže (SmartGrid)**

Pametna proizvodnja energije, Pametni transport energije, Pametne mreže, Pametni gradovi, Pametni uređaji/potrošači: Pojmovi koji proizilaze iz ideje deobe informacija između ljudi i mašina, prevencije i brzog reagovanja na vanredne situacije.

Postoje školski sistemi, koje prati odgovarajuća literatura, koji objašnjavaju pojam Pametnih Mreža, njihovo upravljanje i koristi. Literatura sadrži teorijska objašnjenja pojmova, kao i radne zadatke vezane za pomenute školske sisteme, kojima se teoretska znanja upotpunjuju praktičnim.

#### **17. Zaključak**

„Industrija 4.0“ ili „Digitalizacija“ je pojam koji ne pripada budućnosti, već sadašnjosti. Filozofija deobe i iskorištavanja informacija otvara nove horizonte idejama koje proizvodnju ali, i ljudski život, čine jednostavnijim, udobnijim. Valja ne gubiti vreme u razmišljanjima hoćemo li u korak sa tim, već uhvatiti korak sa tim. Svet, koji se razvija nikad većom brzinom, nošen na krilima „Industrije 4.0“ nam neće oprostiti dvoumljenje.