

## SOLARNA FOTONAPONSKA ENERGIJA

STRUČNI  
ČLANAK

Marko Papić  
Visoka škola „Logos centar“ u Mostaru  
papicm9@gmail.com

**Sažetak** - U današnje vrijeme, kada je sve više razvijena svijest o potrebi očuvanja okoliša, konvencionalni načini proizvodnje energije sve su manje prisutni. Zalihe fosilnih goriva sve su manje, klimatske promjene su sve izraženije, sve je više onečišćenja, što stvara povoljne uvjete za sve većom primjenom energije dobivene iz obnovljivih i ekološki prihvatljivih izvora. Tu je svoju ulogu pronašla i energija sunca. Sunce predstavlja bogat, obnovljiv, lako dostupan i čist izvor energije.

**Abstract** - Nowadays, when the awareness of the need to preserve the environment is increasingly developed, conventional methods of energy production are less and less present. Stocks of fossil fuels are getting smaller, climate changes are more and more pronounced, there is more and more pollution, which creates favorable conditions for the increasing use of energy obtained from renewable and environmentally friendly sources. The energy of the sun also found its role there. The sun is a rich, renewable, easily accessible and clean source of energy.

## 1. UVOD

Prirodni oblici energije mogu se podijeliti s obzirom na njihovu vremensku iscrpljivost na neobnovljive oblike i obnovljive oblike energije. U neobnovljive oblike energije ubrajamo fosilna goriva kao što su ugljen, nafta, zemni plin, zatim nuklearna goriva i geotermalnu energiju tj. unutarnju toplinu Zemlje. Pod obnovljive izvore energije ubrajamo vodne snage poput energije vodotokova, morskih struja i valova, plime i oseke, zatim biomasu, energiju sunčeva zračenja i energiju vjetra.

Obnovljivi izvori energije (OIE) se dobivaju iz prirode te se mogu iz dana u dan obnavljati. Najvažniji obnovljivi izvor energije je Sunce koji ima veliki potencijal u iskorištenju energije te doprinosi zaštiti okoliša. Fosilnih goriva je sve manje stoga se pretpostavlja da bi se postojeće rezerve mogle značajno smanjiti za nekoliko desetaka godina. Navedene činjenice očituju se u velikom porast cijena električne energije i velikom onečišćenju okoliša koji utječe na klimatske promjene. Važnosti istraživanja energije sunca i pretvorbe energije sunčeva zračenja omogućava rješavanje problema energetske krize. Pomoću solarnih ćelija iskorištavamo sunčevu energiju, a za njihovu izradu potreban je poluvodljivi materijal poput kristalnog silicija koji je trenutno najzastupljeniji materijal.

Fotonaponski sustavi imaju brojne prednosti kao što su: besplatna sunčeva energija, čista pretvorba energije, napajanje potrošača na mjestima gdje nema elektroenergetskog sustava (EES), dugogodišnji vijek trajanja fotonaponskih modula. Nedostaci su: potreba za većim površinama za izgradnju većih elektrana, visoka cijena tehnologije izrade fotonaponskih modula (PV), i ovisnost proizvodnje električne energije o osunčanosti.

Bosna i Hercegovina (BiH) ima povoljan geografski položaj za izgradnju fotonaponskih elektrana, a tri su načina upotrebe sunčeve energije. Pretvorba sunčeve energije u električnu energiju, toplinsku i biomasu. Sunčevu energiju koristimo za pretvorbu u toplinsku energiju za pripremu potrošne tople vode i grijanja te u solarnim elektranama. Pretvorba energije sunca u električni oblik vrši se pomoću fotonaponskih ćelija, a sama količina dobivene električne energije ovisi o kutu upada sunčevih zraka. Stoga je potrebno pratiti kretanje Sunca budući da Zemlja rotira oko svoje osi i oko

Sunca te tako dolazi do promjene kuta upada sunčevih zraka na površinu Zemlje odnosno na fotonaponski kolektor.

## 2. FOTONAPONSKA ELEKTRANA

Postoje dva načina pretvorbe energije sunca u električnu energiju kao što su to direktna i indirektna pretvorba. Direktnom pretvorbom se solarna energija pretvara u električnu putem fotonaponskih ćelija tj. same fotonaponske elektrane, a kod indirektno pretvorbe se koriste zrcala kako bi se stvorila koncentrirana toplinska solarna energija koja se dalje pretvara u električnu energiju putem klasičnog sustava s parnim turbinama.

Fotonaponske elektrane služe za proizvodnju električne energije koja se putem električne mreže, prenose i distribuiraju do svakog potrošača. Za razliku od samostalnog ili otočnog sustava u kojima se proizvedena električna energija najčešće skladišti u baterije ili akumulatore, fotonaponska elektrana ili sunčeva fotonaponska elektrana je fotonaponski sustav koji je priključen na mrežu tj. svu proizvedenu električnu energiju predaje u elektroenergetski sustav. One predstavljaju jedan od najelegantnijih načina korištenja energije sunca, a njihov rad se zasniva na fotonaponskom efektu.

Najveća proizvodnja energije ostvaruje se ugradnjom modula na tlu koje treba podignuti i do jednog metra kako ih trava ili snijeg ne bi zasjenjivali, te ugradnjom u krovove zgrada. Položaji solarnih panela orijentiraju se gdje je količina sunčevog zračenja najveća moguća. Prema tome solarne elektrane se uglavnom postavljaju na dva načina od kojih je jedan da se solarni panel postavlja fiksno, a drugi sa sustavom za praćenje položaja Sunca. Solarne elektrane s fiksno postavljenim solarnim panelima su one koje nemaju mogućnost praćenja položaja sunca, a najčešće su to sistemi koji su fiksirani na krovove kuća i zgrada. Za fiksno postavljeni sustav određuje se vrijednost optimalnog kuta nagnute plohe. Optimalni kut nagnute plohe je kut pod kojim je potrebno postaviti modul u odnosu na vodoravnu površinu da bi se dobila najveća moguća godišnja ozračenost. U našim krajevima kod solarnih elektrana s fiksno postavljenim solarnim panelima važno je da su paneli postavljeni prema jugu i pod optimalnim nagibom odo oko 30°. Takva je orijentacija pogodna za ljeto, jer tada Sunčeve zrake padaju okomito na solarne panele [1].

U novije vrijeme usavršile su se ćelije koje se ugrađuju u fotonaponske sustave koji prate kretanje sunca. Sustavi za praćenje položaja sunca koriste se kako bi se smanjio kut upadanja između nadolazeće zrake svjetlosti i samog fotonaponskog panela, tako se količina energije iz fiksne instalirane snage pogonskih uređaja povećava. Sustavi sa praćenjem sunca mogu proizvesti i trećinu energije više u odnosu na fiksne, no mana im je viša cijena, veći prostor, te su osjetljivi na vjetar.

### 3. PRIMJER PRAKTIČNE PRIMJENE SOLARNIH KOLEKTORA

U ovom dijelu rada predstavljeni su solarni kolektori za toplu vodu postavljeni na hotelu Sunce i Grand hotelu Neum u Neumu (Slike 1 i 2). U navedenim objektima sunčeva energija se koristi za grijanje vode. Sa odgovarajućim povećanjem površine kolektora i povećanim volumenom spremnika, moguće je u ljetnim mjesecima 100% pokriti potrebe za toplom vodom. U Grand hotelu Neum i u hotelu Sunce u ljetnim mjesecima nije potrebno paliti kotlove za grijanje vode.



*Slika 1. Solarni kolektori na GRAND hotelu Neum*

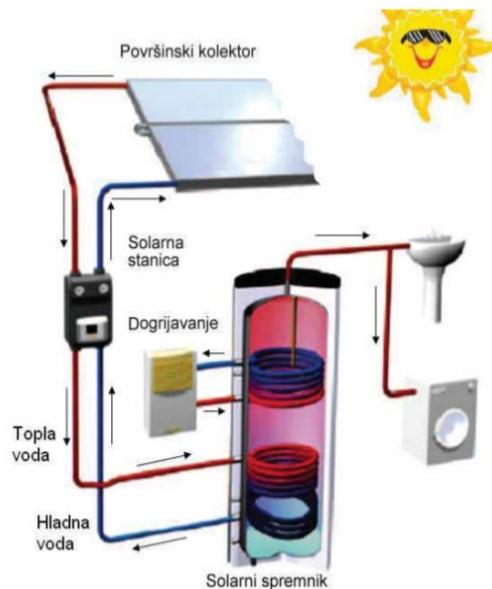


*Slika 2. Solarni kolektorli na hotelu Sunce*

Najjednostavniji sustav zagrijavanja vode su tzv. ljetni kolektori koji rade po principu direktne cirkulacije potrošne tople vode kroz kolektor s akumulacijom vode u spremniku. Ovaj sustav često možemo vidjeti na našoj obali gdje je velik broj sunčanih sati i gdje su relativno visoke noćne temperature. Solarni sustavi se u ovim hotelima sastoje od nekoliko komponenti: solarnih kolektora, solarnog i/ili akumulacijskog bojlera, regulacije, solarne pumpne grupe, solarne tekućine, ekspanzijske posude te elemenata armature i izoliranih cijevi. Na slici 3 prikazani su bojleri za toplu vodu u Grad hotelu Neum kapaciteta 20 000 litara, dok je na slici 4 prikazan princip rada kolektorskih sistema za toplu vodu.



Slika 3. Bojleri za toplu vodu u GRAND hotelu Neum ( 20 000 l)



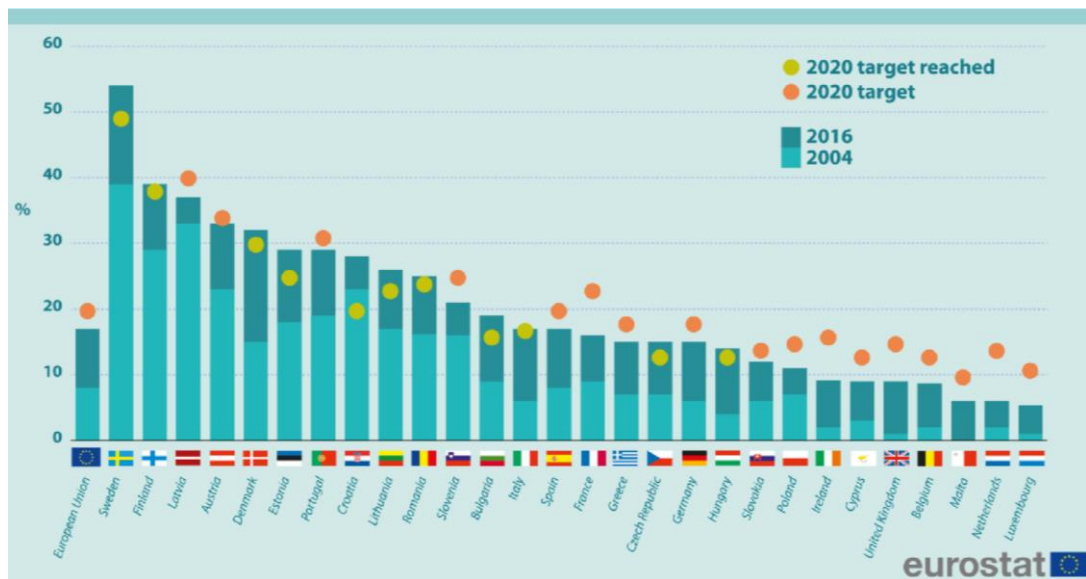
Slika 4. Princip rada kolektorskih sistema za toplu vodu

Prema preporukama proizvođača, uz redovito održavanje, vijek trajanja solarnih kolektora bi trebao biti minimum 20 godina. Također jednom godišnje potrebno je napraviti pregled komponenti solarnog sustava. Solarni medij je tvar koja struji (cirkulira) kroz sustav, odnosno cijevi razvoda solarnog kruga od kolektora do spremnika u kojemu dolazi do izmjene topline s potrošnom toplom vodom ili ogrjevnim medijem sustava grijanja. Kao solarni medij u ovim hotelima služi voda, odnosno njezina smjesa s glikolom ili drugim sredstvima za sprječavanje smrzavanja.

#### 4. TRENUTNA SITUACIJA OBNOVLJIVIH IZVORA

##### 4.1. Stanje u Europskoj uniji i svijetu

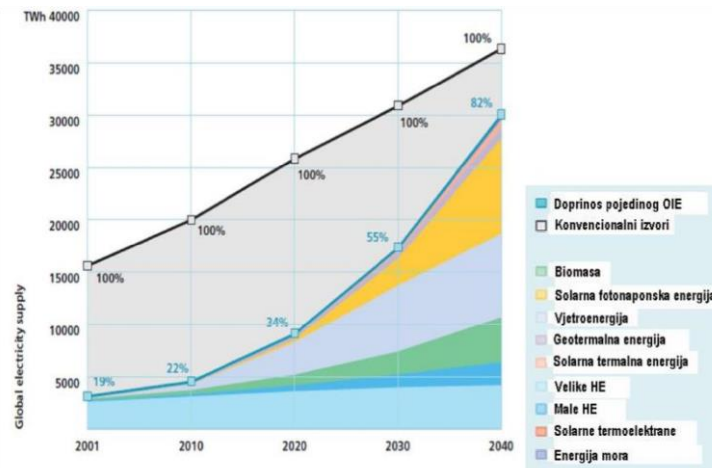
Na grafikonu 1. vidimo da je u posljednjih godina proizvodnja električne energije iz obnovljiva energija u snažnom porastu. Udio energije iz obnovljivih izvora energije porastao je s otprilike 8,5 % u 2004. godini na 17,0 % u 2016. godini. To je potaknulo ciljeve na daljnji rast obnovljivih izvora u 2020. godini. Susjedna Republika Hrvatska



Grafikon 1. Udio potrošnje energije električne energije iz obnovljivih izvora 2004. i 2016. godine

je osma zemlja u Europi prema udjelu obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije te je premašila cilj od 20% do 2020. godine.

Među 28 zemalja članica Europske unije, jedanaest ih je doseglo razinu potrebnu za ispunjavanje ciljeva zadanih do 2020. godine. To su: Švedska, Finska, Danska,



Grafikon 2. Doprinos obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije

Estonija, Hrvatska, Litva, Rumunjska, Bugarska, Italija, Češka i Mađarska. Daleko od svojih ciljeva su Nizozemska, Francuska, Irska, Velika Britanija i Luksemburg. Na grafikonu 2. prikazan je doprinos obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije koja daje perspektivu energetske budućnosti u svijetu. Predviđa se da već u 2040. godini se može postići održivi elektroenergetski sustav. U planu je izgradnja novih postrojenja, uglavnom u zemljama u razvoju, dok je uporaba ugljena u padu. Prosječna starost elektrana u Aziji je oko 11 godina, dok je u Europi i SAD-u oko 40 godina, stoga će postojeća postrojenja još biti u funkciji nekoliko desetljeća [2].

Najveće tržište za obnovljive izvore energije u svijetu je Kina koja je nedavno promijenila svoju politiku o solarnim fotonaponskim sustavima gdje je cijena modula pala za 35%. Poruka posljednjeg izvješća Međunarodne energetske agencije je da bi moglo doći do pada na ulaganje u obnovljive izvore energije, ali je proizvodnja električne energije privukla više kapitala nego nafta i prirodni plin.

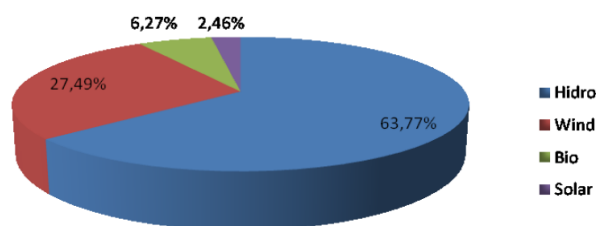
#### 4.2. Stanje u Bosni i Hercegovini

Tehnički potencijal obnovljivih izvora energije u BiH je jako velik pri čemu samo sunčana energija ima dovoljan tehnički potencijal da u potpunosti pokrije potrebe za električnom energijom cijele države.

Ukupan instalirani električni kapacitet proizvodnih objekata u BiH iznosi 4,352 GW, od čega u većim hidroelektranama 2.083,50 MW, a u termoelektranama 2.065 MW. Instalirani kapacitet malih hidroelektrana, vjetroelektrana, solarnih elektrana i elektrana na biomasu je 112,15 MW, dok je 91,23 MW instalirano u industrijskim

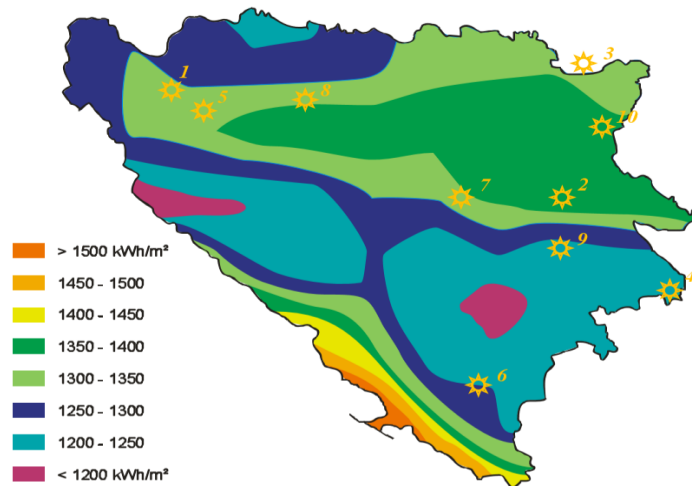
elektranama. Od iskorištenih potencijala OIE u BiH najviše su prisutni vodeni tokovi i sunčeva energija za generiranje električne energije, te biomasa za proizvodnju konvencionalnih oblika biomase poput ogrjevnog drveta, ali u zadnje vrijeme i finih oblika kao što su pelet, briket i drvena sječka, koji služe za grijanje ili proizvodnju toplotne energiju. Pored toga, sve više pažnje se pridaje geotermalnoj energiji ili energiji okoline za grijanje i/ili hlađenje. Činjenica, primjera radi, da su potencijali hidroenergije iskorišteni do 40%, jasno govori o potencijalima koja BiH ima, kako na malim rijekama, tako i na velikim tokovima poput Drine, Bosne, Vrbasa, itd. Ti iskoristivi kapaciteti se ogledaju u nekoliko GW, pa bi tako sa sadašnjih oko 2,2 GW instaliranog kapaciteta, BiH mogla popeti i na 3 GW uz iskorištavanje tehnički iskoristivog, ekonomski opravdanog i okolinsko prihvatljivog. Poštivanjem svih aspekata takvi kapaciteti bi se mogli kapitalizirati kao što je to recimo slučaj sa hidroelektranom Brežice na Savi.

Kada je energija Sunca u pitanju, vrlo je važno razlikovati korištenje ovog oblika energije za zagrijavanje potrošne tople vode putem solarnih panela ili kolektora s jedne strane, i proizvodnju električne energije putem fotonaponskih modula s druge strane. Razlika je u namjeni, tehnologiji, visini investicijskih troškova, administrativnim procedurama dobivanja dozvola, kapacitetima i drugo. Korištenjem energije sunce putem solarnih panela ili kolektora je jednostavnije i ne zahtijeva ishოდovanje dozvola. Tehnologija je dosta jednostavna i koristi se u BiH. Korištenje tih sistema namijenjeno je prije svega velikim potrošačima tople vode poput hotela, bolnica, sportskih dvorana, tamo gdje je to pogodno, odnosno gdje ima dosta sunčanih dana kao što je Hercegovina, ali i druga područja BiH. Ova tehnologija zasad nije doživjela veću ekspanziju, ali su predviđanja da će cijene ovih tehnologija opadati, te samim tim primjena i potražnja porasti. Na grafikonu 3 je prikazan udio solarnih postrojenja u ukupnom podsticaju obnovljivih energija u BiH u 2016. godini [3].



*Grafikon 3. Udio solarnih postrojenja u ukupnom podsticaju obnovljivih energija u BiH u 2016. godini*





*Slika 5. Prosječne godišnje vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu za Bosnu i Hercegovinu - [kWh/ m<sup>2</sup>god.]*

Kada se energija sunca iskorištava u svrhe proizvodnje električne energije, tu priča postaje dosta složenija iz nekoliko razloga. Prije svega investicionih troškova, zatim pripreme projekta, prikupljanja svih potrebnih dozvola, te same implementacije na terenu. Ti procesi u BiH traju po tri do četiri godine i ulažu se veliki napori za savladavanje navedenih barijera. Tehnologija fotonaponskih modula razvijena je i još uvijek se proizvodi van granica BiH što stvara negativnu sliku vanjskotrgovinskom bilansu BiH. Međutim, iskorištavanje ovog oblika obnovljive energije u svrhu proizvodnje električne energije je razvijeno u BiH. Tome ide u prilog i činjenica da je dosad u BiH izgrađeno više od 140 fotonaponskih elektrana koje su u sistemu poticaja. To znači da su svi proizvođači električne energije iz sunca privilegirani, odnosno da dobivaju dosta veće (tzv. garantirane) tarife za prodaju električne energije od referentnih. Taj novac jest ustvari novac s računa krajnjih potrošača koji se prikuplja putem sistema naknade za obnovljive izvore energije, a koji u FBiH iznosi 0,001976 KM/kWh, dok u entitetu Republika Srpska iznosi 0,0044 KM/kWh. Zahvaljujući ovakvom sistemu poticaja, projekti solarnih elektrana su isplativi unutar pet godina. Koliko je ovo tržište razvijeno, govori i činjenica da su sve dinamičke kvote za solarnu energiju rezervirane. Investicije u fotonaponsku tehnologiju su u konstantnom padu i samo se postavlja pitanje kada će postati isplativo za obična domaćinstva da instaliraju potrebne kapacitete PV modula kojim će moći zadovoljiti svoje vlastite potrebe i/ili proizvedenu električnu energiju plasirati u mrežu i na taj način „kompenzirati“ potrošnju s proizvodnjom. Još uvijek, taj princip neto mjerenja, bez poticaja, nije

razvijen i isplativ u BiH. Na slici 5 je prikazane prosječne godišnje vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu za BiH [4].

## 5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme obnovljivi izvori energije imaju sve veću važnost u elektroenergetskom sustavu, a razvijene zemlje u velikoj mjeri potiču njihovu upotrebu. Očekuje se značajan napredak u tehnologiji korištenja obnovljivih izvora energije jer se u nju ulaže danas mnogo manje novaca nego u tehnologiju proizvodnje i korištenja fosilnih goriva te nuklearnu tehnologiju.

Među obnovljivim izvorima, energija Sunca je jedna od najperspektivnijih izvora energije. Fotonaponski sustavi najučinkovitije koriste sunčevu energiju te je izravno pretvaraju u električnu. Fotonaponski paneli su još uvijek skupi u odnosu na snagu, ali razvojem tehnologije dolazi do pada cijena i povećanja efikasnosti.

Postavljanjem solarnih toplinskih kolektora na krovove građevina diljem svijeta mogla bi se ostvariti ušteda za grijanje ili pripremu potrošne vode i do 50%. Samo jedan solarni sustav sa 6 m<sup>2</sup> solarnih toplinskih kolektora, tijekom svog radnog vijeka, koji traje oko 25 godina, proizvede 75000 kWh toplinske energije i pri tome se smanji ispuštanje ugljikova dioksida u okoliš za 30 tona.

Sunčeva energija bi kao izrazito prihvatljiv izvor energije u bliskoj budućnosti mogla postati glavni nositelj ekološki održivog energetskeg razvoja. Zbog toga se intenzivno istražuju novi postupci i procesi pretvorbe sunčeve energije u električnu, toplinsku ili energiju hlađenja. Uzmemo li u obzir visoke cijene nafte, stoljetno crpljenje fosilnih izvora energije i sve strože ekološke zakone i propise, možemo zaključiti kako će korištenje sunčeve energije, uz zaštitu okoliša, postati posao budućnosti.

## LITERATURA

[1] Ljubomir Majdandžić. Fotonaponski sustavi, Priručnik, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu

URL: [http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01\\_handbook\\_fotonapon.pdf](http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf)

[2] FBIH, Federalno Ministarstvo Energije, Rudarstva i Industrije, Akcioni Plan Federacije BiH za korištenje obnovljivih izvora energije, Sarajevo, 2014.

[3] Mr.sc. Davor Sokač; Regulatorna vezana za distribuirane izvore, uključujući i specifične probleme obnovljivih izvora i kogeneracijskih postrojenja, 2012.

URL: <http://www.ho-cired.hr/3savjetovanje/SO4-15.pdf>

[4] Djongalic, M.: Studija o obnovljivim izvorima energije, Centar za ekologiju i energiju, Tuzla, 2016