

UTICAJ OBNOVLJIVIH ENERGETSKIH IZVORA NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE SA ASPEKTA MIKROMREŽE / THE INFLUENCE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE QUALITY OF ELECTRICITY FROM THE MICROGRID ASPECT

Amila Šiljak, email: amilasiljak2@gmail.com
Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku

Pregledni članak

Sažetak: Obnovljivi izvori energije predstavljaju male elektrane koje se priključuju na distributivnu mrežu. Cilj ovog rada bio je ispitati uticaj obnovljivih izvora energije na kvalitet električne energije koji se posmatra s aspekta mikromreže. Pregledom dosadašnjih istraživanja jasno se uočava da pored pozitivnog uticaja obnovljivih izvora energije na napajanja naponskih prilika, obnovljivi izvori energije mogu imati i negativni uticaj na pokazatelje kvaliteta električne energije, od kojih su najbitniji viši harmonici struje (napona), flikeri i propadi napona. Najveći dio mrežno povezanih obnovljivih izvora energije koristi veliki broj različitih uređaja energetske elektronike. Ovakvi uređaji u velikoj mjeri mogu značajno uticati na normalno funkcionisanje distributivne mreže prouzrokujući izobličenje napona. Razvojem obnovljivih energetskih izvora proizvedena električna energija nije tako „čista“ kao kod neobnovljivih izvora električne energije, jer se usljed prirodnih promjena mijenja sam kvalitet električne energije, što stvara probleme u naponskoj mreži korisnika.

Ključne riječi: obnovljivi energetski izvori, električna energija, mikromreža.

Summary: Renewable energy sources are small power plants that are connected to the distribution network. The aim of this work was to examine the influence of renewable energy sources on the quality of electricity, which is observed from the aspect of the microgrid. The review of previous research clearly shows that in addition to the positive impact of renewable energy sources on power supply voltage conditions, renewable energy sources can also have a negative impact on indicators of the quality of electricity, the most important of which are higher current (voltage) harmonics, flickers and voltage drops. The largest part of grid-connected renewable energy sources uses a large number of different power electronics devices. Such devices can significantly affect the normal functioning of the distribution network, causing voltage distortion. The electricity produced by the development of renewable energy sources is not as "clean" as with non-renewable sources of electricity, because due to natural changes the quality of electricity itself changes, which creates problems in the voltage network of users.

Keywords: renewable energy sources, electricity, microgrid.

UVOD

Danas je potreba za električnom energijom sve veća, te postoji stalan interes za njenom proizvodnjom i distribucijom. Prenos električne energije od proizvođača do distributera ili krajnjih potrošača podrazumijeva upotrebu visokonaponske mreže. Naponski nivoi u prenosnoj mreži iznose 110kV, 220kV i 400kV, a u zemljama čija je površina velika i gdje postoji značajna udaljenost potrošača od izvora, za prenos se koriste naponski sistemi od 750 kV pa sve do 1.000 kV. Izvještaj International Energy Outlook-a (IEO) pokazuje da se proizvodnja električne energije u periodu od 2007.-2020.godine povećala za 87%. Odnosno da se sa 18,8 triliona kilovata sati u 2007. godini, proizvodnja električne energije povećala na 25,01 triliona kilovata sati u 2020. godini, te se predviđa da će se do kraja 2035. godine povećati na 35,2 triliona kilovata sati. Prema izvještaju International Energy Outlook-a jasno se uočava da proizvodnja električne energije u zemljama koje su članice Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD), odnosno u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju, iznosi 10:1 u odnosu na zemlje koje nisu članice OECD (de Souza, 2012). U 2018. godini zabilježena je stopa rasta ukupne proizvodnje električne energije od 7,7%. Procenat rasta prema vrstama goriva je: nafta (10,7%), prirodni gas (21,6%), uglj (30,4%), nuklearna energija (4,4%), hidroelektrična energija (2,4%) i obnovljivi izvori energije (31,2%) (Jiang, 2021). Proizvodnja električne energije u 2019. godini iznosila je 49,25% od uglja, 17,95% od lignita, 5,88% od gasa, 5,71% od nepoznatih nosilaca energije u industrijskom postrojenju i 5,11% od vodenih postrojenja (Roman, i sar., 2021). Podaci iz Energy Transition Outlook-a (ETO) iz 2022. godine pokazuju da će se proizvodnja električne energije u narednih 30 godina više nego udvostručiti, te da će se udio električne energije povećati sa 19% na 36% u globalnom energetsom miksu.

Potrošnja električne energije po glavi stanovnika, u XXI vijeku, određuje stepen razvijenosti nacije. Nažalost, uporedo sa stepenom razvoja i potrošnjom električne energije dolazi i do pojave velikih ekoloških problema, kao što su globalno zagrijavanje i zagađivanje vazduha (Oktay, 2009). Od svih oblasti zagađivanja životne sredine, najveća neposredna opasnost po čovjekovo zdravlje prijeti od zagađenosti vazduha. Prekomijerna proizvodnja električne energije iz neobnovljivih izvora stvara potrebu za pronalaženjem novih izvora proizvodnje. Odnosno zahtjeva pronalaženje izvora električne energije koji mogu trajati zauvijek, bez mogućnosti iscrpljivanja izvora proizvodnje (Zhang, 2019).

1. MIKROMREŽE

Pojam mikromreže odnosi se na elektroenergetski sistem sa distributivnim izvorima energije i usko je vezan za funkciju mreže, a ne za njenu veličinu (Jovanovac, 2016). Odnosno ona predstavlja aktivnu distributivnu mrežu koja je izgrađena kako bi toplotnom i električnom energijom snabdjevala male kućne zajednice, fakultete, škole, trgovačke centre i slične ustanove (Kaučić, 2017). Mikromreža je integracijska platforma za mikroizvore, uređaje za skladištenje energije i upravljive terete smještene u lokalnu distributivnu mrežu. Cjelokupan koncept mikromreža zasniva se na zadovoljenju potreba obližnjih potrošača za električnom i toplotnom energijom (Kaučić, 2017). To su izvori energije koji stvaraju energiju samo za obližnje potrošače, što ih u velikoj mjeri izdvaja od velikih centralnih mreža. Centralne mreže prenose električnu energiju iz elektrana na velike udaljenosti prijenosnim i distribucijskim vodovima. Dok mikromreže predstavljaju integracijsku platformu za snabdjevanje, skladišne jedinice i resurse potražnje koji su smješteni u lokalnoj distribucijskoj mreži. Uglavnom radi na niskonaponskoj mreži, izuzev rada na mreži srednjeg napona za potrebe povezivanja (Lucić, 2021).



Slika 1. Primjer mikromreže.

Izvor: Jovanovac, J. (2016). Mikromreže. Neobjavljen diplomski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

2. NEOBNOVLJIVI I OBNOVLJIVI IZVORI ENEGRIJE

Neobnovljivi izvori energije predstavljaju izvore energije koji se ne mogu obnovljati, odnosno koje nije moguće ponovo upotrijebiti. Kao najistaknutiji primjeri neobnovljivih izvora energije u svijetu izvdaju se nafta, ugalj i gas, odnosno prirodni gas. Nafta, ugalj i prirodni gas nastali su od ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije nekoliko miliona godina. Njihovi ostaci ležali su unutar Zemlje dok nisu pod uticajem toplote i vazduha oksidirali i pretvorili se u ugalj, naftu i prirodni gas. Pošto se ostaci biljaka i životinja jednim imenom nazivaju fosili, ovako nastala goriva nazivaju se fosilna goriva. Pored njih u neobnovljive izvore energije spada i uran koji se koristi u nuklearnim elektranama. Podjela neobnovljivih izvora energije definisana je članom 6. Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (Zakon o OIE FBiH). Ova podjela odnosi se na sljedeća goriva: kameni ugalj, smeđi ugalj i lignit, prirodni gas, naftu i naftne derivate, te nespecificirana i ostala fosilna goriva (Zakon o OIE FBiH). Obnovljivi izvori energije (OIE) su izvori koji se dobijaju direktno iz prirode i koji se mogu obnovljati (Krenek, 2016). Na osnovu Zakona o energiji (120/12, 14/14, 95/15, 102/15, 68/18) obnovljivi izvori energije definišu (OIE) se kao „izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelimično, posebno energija vode, vjetra, sunčeve energije, biodizela, biomase, bioplina i geotermalne energije (Krenek, 2016:2). Odnosno ovaj vid izvora energije nije potrošiv tj. može se djelimično ili potpuno regenerisati. To je izvor energije koji se nalazi svuda oko nas tj. izvor koji je u sklopu prirode koja nas okružuje (Ujkanović, 2014). Obnovljivi izvori energije (OIE) drugačije se nazivaju „čistim izvorima“ ili „zelenim izvorima“ energije. Ovaj naziv su dobili jer se smatraju ekološki „čistim“ izvorima energije. Međutim to ne znači da ovi izvori energije nemaju nikakav negativan uticaj na prirodu, ali je zanemariv i nije toliko značajan kao što to imaju neobnovljivi izvori energije (Lulić, 2017).

Oni predstavljaju jedan od ključnih faktora razvoja planete Zemlje u budućnosti. Povećana upotreba obnovljivih izvora energije kod savremenih ljudi sigurno će promijeniti energetske navike. Odnosno njihova stalna primjena doprinosi očuvanju prirode, povećanju sigurnosti prilikom snabdjevanja energijom, otvaranju novih radnih mjesta, te porastu cjelokupne privrede. Obnovljive izvore energije (OIE) dijelimo na (Lulić, 2017):

- Energiju riječnih tokova (akumulacione i male protočne HE);
- Energiju mora i okeana (energija morskih struja i talasa, energije plime i oseke, i sl.);

- Biomasu (ogrjevano drvo, otpad iz drvne industrije i poljoprivrede);
- Energiju Sunčevog zračenja;
- Energiju vjetra;
- Geotermalnu energiju;

3. ELEKTRIČNA ENERGIJA

Savremeni život čovjeka ne može se zamisliti bez električne energije, jer je to jedan je od ključnih otkrića u savremenom svijetu. Primjena električne energije omogućava napredak nauke i tehnologije, a samim tim razvoj cjelokupne ljudske civilizacije (MMG HND, 2013). Iako se savremeni svijet i cjelokupno funkcionisanje u njemu ne može zamisliti bez električne energije zabrinjavajući je podatak da čak 1,1 milijardi ljudi ili 14% ukupne svjetske populacije uopšte nema mogućnost njenog korištenja, a mnogo je više ljudi koji imaju značajne probleme s napajanjem zbog veoma lošeg kvaliteta električne energije (Škuletić, i sar., 2019). Ona zauzima posebno mjesto u odnosu na ostale vidove energije (ugalj, nafta, gas, atomksa energija, sunčeva energija, energija vjetra, i slično). Danas predstavlja jedan od najkvalitetnijih i najtraženijih oblika energije, iako se vrlo rijetko pojavljuje u prirodi u svom izvornom obliku.

Električna energija u prirodi se u svom izvornom obliku pojavljuje samo prilikom atmosferskih pražnjenja, te tokom elektrostatičkog elektriciteta. Nju nije moguće koristiti neposredno iz prirode ili izvora energije, nego je potrebno na mjestu korištenja preobraziti u jedan od korisnih oblika, kao što su: svjetlo, toplota, mehanički ili hemijski oblik (Kalea, 2007). Električna energija jedan je od rijetkih proizvoda gdje se proizvodnja i potrošnja odvijaju u isto vrijeme. Električna energija najplemenitiji je oblik energije, jer može zadovoljiti veliki dio energetske potreba čovječanstva (Škuletić, i sar., 2019). Također predstavlja presudan faktor opstanka ljudske vrste, pored vazduha, vode i hrane. Električna energija se proizvodi kako bi zadovoljila velike potrebe cjelokupne civilizacije, ona se tretira kao specifičan vid robe zbog mnogobrojnih karakteristika koje ne spadaju u klasičan tip robe (Škuletić, i sar., 2019).

4. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije nesumljivo su jako dobri izvori energije kada se posmatra s aspekta ekologije. Odnosno ovi izvori energije predstavljaju ekološki „čiste“ izvore energije koji ne ostavljaju velike štetne posljedice. Međutim sam proces proizvodnje električne energije u velikoj mjeri se razlikuje u odnosu na proizvodnju električne energije iz neobnovljivih izvora energije. Neobnovljivi izvori energije omogućavaju trajna rješenja snabdjevanja električnom energijom velikog broja potrošača, dok kod obnovljivih izvora energije to nije moguće. Obnovljivi izvori energije omogućavaju pretvaranje energije u električnu energiju uz velike ekonomske troškove, a moguće je snabdjevanje samo malog broja potrošača koji se nalaze u okviru jedne mikromreže.

Pregledom dosadašnjih istraživanja jasno se uočava da pored pozitivnog uticaja obnovljivih izvora energije na napajanja naponskih prilika, obnovljivi izvori energije mogu imati i negativan uticaj na pokazatelje kvaliteta električne energije, od kojih su najbitniji viši harmonici struje (napona), flikeri i propadi napona. Najveći dio mrežno povezanih obnovljivih izvora energije koristi veliki broj različitih uređaja energetske elektronike. Ovakvi uređaji u velikoj mjeri mogu značajno uticati na normalno funkcionisanje distributivne mreže prouzrokujući izobličenje napona.

Korištenje obnovljivih energetskih izvora omogućava proizvodnju električne energije na nivou mikromreže, ali sam kvalitet te energije nije na visokom nivou. Odnosno iz obnovljivih izvora energije nije moguće, sa aspekta mikromreže, proizvoditi električnu energiju koja je visokog kvaliteta. Sama proizvedena električna energija nije tako „čista“ kao kod neobnovljivih izvora električne energije, jer se usljed prirodnih promjena mijenja sam kvalitet električne energije, što stvara probleme u naponskoj mreži korisnika. Odnosno na sam kvalitet električne energije utiču prirodne pojave koje savremeni čovjek ne može kontrolisati.

Svaki od obnovljivih izvora energije proizvodi električnu energiju koja ima drugačiji nivo kvaliteta. Pa tako električna energija koja je dobivena od sunčevih zraka, odnosno od fotonaponskih kolektora, zavisno od doba godine i vremenskih prilika mijenja svoj kvalitet. Razlog za to je direktna proizvodnja električne energije iz fotonaponskih kolektora što znači da oni pretvaraju sunčeve zrake u energiju. Zbog toga što sunčevi zraci ne padaju uvijek istom jačinom na zemlju i nemaju uvijek isti intenzitet, tako i električna energija nema uvijek jednak

"EUROPE'S ENERGY TRANSITION AND SUSTAINABLE MOBILITY WITH CHALLENGES TO THE SITUATION IN BOSNIA AND HERZEGOVINA"
 napon. Brze promjene snage rada fotonaponskih kolektora velike snage predstavljaju najveći problem. Zbog toga se ovaj vid izvora energije ne koristi u komercijalne svrhe, nego se koristi za određene manje predmete čiji rad direktno ne utiče na svakodnevni život čovjeka. Ovakvi vidovi proizvodnje električne energije najčešće se koriste za kalkulatore, ukrasne (dekorativne) baštenske figure i slične proizvode.

Jedan od izvora električne energije koji se također usko vezuje za vremenske prilike i čija proizvodnja električne energije od njih direktno zavisi jeste energija vjetra. Jasno se zaključuje da se zavisno od lokaliteta na kojem je postavljena vjetroelektrana, odnosno od vremenskih prilika proizvodi određena količina električne energije. Najveći problem kod korištenja energije vjetra, odnosno kod pretvaranja energije vjetra u električnu energiju, jeste velika varijabilnost brzine vjetra u prostoru i vremenu. Varijabilnost brzine u vremenu problem je, jer se električna energija mora potrošiti u istom trenutku kada se proizvede zbog nemogućnosti značajnijeg skladištenja te energije. Dok varijabilnost u prostoru problem je prilikom planiranja lokaliteta za izgradnju vjetroelektrana. Kako bi se odredio sam lokalitet koji je adekvatan za izgradnju vjetroelektrane potrebno je izvršiti određena mjerenja koja mogu trajati i po godinu dana (utvrditi sezonske varijacije), ali i više godina (nije svaka godina/sezona ista). Uticaj vjetroelektrana na kvalitet električne energije moguće je prikazati tabelarno, *Tabela 3*.

Tabela 1. Uticaj vjetroelektrana na kvalitet električne energije.

PROBLEMI	UZROCI
Promjena napona	Promjena brzine vjetra
Udari struje	Udar vjetra
Emisija flikera	Promjena brzine vjetra
Emisija flikera	Uključivanje/isključivanje vjetrogeneratora
Pad napona	Struja uklopa generatora
Harmonici	Energetski pretvarači

Uređaji energetske elektronike koji se koriste u radu vjetroelektrana u velikoj mjeri utiču na samu električnu energiju, odnosno na njen kvalitet (Lulić, 2017). Hidroelektrane predstavljaju također jedan od obnovljivih izvora električne energije. Sam kvalitet električne energije koja je dobijena iz energije vode jedan je od najstabilnijih kvaliteta električne energije. Što znači da je ovaj izvor električne energije jedan od najznačajnijih i najprimjenjenih u svijetu kada je u pitanju snabdjevanje električnom energijom. Tokom pretvaranja energije vode u električnu

"EUROPE'S ENERGY TRANSITION AND SUSTAINABLE MOBILITY WITH CHALLENGES TO THE SITUATION IN BOSNIA AND HERZEGOVINA"
energiju ne dolazi do velikih gubitaka i drastičnih promjena zavisno od vremenskih prilika, jer se voda skoro uvijek skladišti u akumulacijska jezera koja obezbjeđuju redovan protok vode. Zbog toga se ovaj vid snabdjevanja električnom energijom najviše koristi kako u svijetu, tako i kod nas, kada su u pitanju obnovljivi izvori energije.

Biomasa jedan je od obnovljivih izvora energije čiji kvalitet električne energije prije svega zavisi od količine mase koja se sagorijeva. Odnosno zavisi od same količine protoka biomase tokom same proizvodnje električne energije. Veliki problem kod ovog izvora energije je to što se ne mogu uvijek i u kontinuitetu koristiti svi dostupni resursi, jer se mora voditi računa o održivom razvoju. Što znači da je potrebno voditi računa o tome koliko kojih resursa koristimo za proizvodnju električne energije, odnosno koliko resursa ostavljamo neiskorišteno za dalje prirodno obnavljanje prirode. Što znači da nemamo uvijek istu količinu biomase koja će omogućiti ravnomijerno snabdjevanje energijom, odnosno osiguravanje dovoljne količine koja će moći održati napon. Ovaj izvor energije ekonomski je jako isplativ, jer osnovna sirovina koja se koristi skoro uvijek ima nisku ili gotovo zanemarujuću cijenu (poljoprivredni ostaci).

Geotermalna energija vrlo je jeftina kada se jednom napravi bušotina. Međutim najveći problem kod ovog obnovljivog izvora energije je to što su ispitivanja i sama bušenja tla jako skupa, a sam kvalitet električne energije koji se dobija nesiguran i neizvjestan.

ZAKLJUČAK

Pojam mikromreže odnosi se na elektroenergetski sistem sa distributivnim izvorima energije i usko je vezan za funkciju mreže, a ne za njenu veličinu. Mikromreže se sastoje od distributivnih izvora energije koji su obnovljivi i nekonvencionalni i koji su različitih opterećenja, te se nalaze u distribucijskoj mreži i to u blizini korisnika. Mikromreže osim osnovnih uređaja potrošnje i načina snabdjevanja mogu sadržati i postrojenja za balansiranje energije, kao uređaje za skladištenje energije. Energija je apstraktan pojam koji su u upotrebu uveli fizičari kako bi objasnili niz pojava koje se odnose na rad. Energija je nestvoriva i neuništiva, odnosno energija predstavlja zatvoreni sistem koji ne vrši izmjenjivanje energije s okolinom. Prema svojoj obnovljivosti energija se dijeli na: obnovljive i neobnovljive izvore energije. Neobnovljivi izvori energije predstavljaju izvore energije koji se ne mogu obnavljati, odnosno koje nije moguće ponovo upotrijebiti. Kao najistaknutiji primjeri neobnovljivih izvora energije u svijetu izdaju se nafta, uglj i gas, odnosno prirodni gas. Obnovljivi izvori energije su izvori koji se

"EUROPE'S ENERGY TRANSITION AND SUSTAINABLE MOBILITY WITH CHALLENGES TO THE SITUATION IN BOSNIA AND HERZEGOVINA"

dobijaju direktno iz prirode i koji se mogu obnavljati. Obnovljive izvore energije dijelimo na: energiju riječnih tokova (akumulacione i male protočne HE), energiju mora i okeana (energija morskih struja i talasa, energije plime i oseke, i sl.), biomasu (ogrjevno drvo, otpad iz drvne industrije i poljoprivrede), energiju Sunčevog zračenja, energiju vjetra i geotermalnu energiju. Obnovljivi izvori energije nesumljivo su jako dobri izvori energije kada se posmatra s aspekta ekologije. Obnovljivi izvori energije omogućavaju pretvaranje energije u električnu energiju uz velike ekonomske troškove, a moguće je snabdjevanje samo malog broja potrošača koji se nalaze u okviru jedne mikromreže. Sama proizvedena električna energija nije tako „čista“ kao kod neobnovljivih izvora električne energije, jer se usljed prirodnih promjena mijenja sam kvalitet električne energije, što stvara probleme u naponskoj mreži korisnika. Svaki od obnovljivih izvora energije proizvodi električnu energiju koja ima drugačiji nivo kvaliteta. Problem kod svih obnovljivih izvora električne energije jeste nesigurnost u samom izvoru, nestabilan dotok energije iz same prirode, nemogućnost dugotrajnijeg skladištenja proizvedene električne energije, nemogućnost kontrolisanja povećanja napona povećanim dotokom energije iz same prirode i slično. Međutim ono što je velika prednost jeste to što je energija koja je dobijena iz obnovljivih izvora energije ekološki jako „čista“ energija, kao i to što se postrojenja za pretvaranje energije u električnu energiju uvijek nalaze u blizini potrošača.

LITERATURA

1. de Souza, Gilberto FranciscoMartha. (2012). *Thermal Power Plant Performanve Analysis*. Springer Series in Reliability Engineering.
2. Filipović, S., i Tanić, G. (2010). *Izazovi na tržištu električne energije*. Beograd: Ekonomski institut.
3. Jiang, Q., Khattak, I.S., & Rahman, U.Z. (2021). Measuring the simultaneous effects of electricity consumption and production on carbon dioxide emissions (CO₂e) in China: New evidence from an EKC-based assessment. *Energy*, 229, 2-10.
4. Jovanovac, J. (2016). *Mikromreže*. Neobjavljen diplomski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
5. Kalea, M. (2007). *Električna energija*. Zagreb:Kigen d.o.o.
6. Kaučić, M. (2017). *Utjecaj mikromreže na kvalitetu električne energije*. Diplomski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
7. Krenek, I. (2016). *Obnovljivi izvori energije*. Karlovci: Veleučilište u Karlovcu.

8. Lulić, H. (2017). *Obnovljivi izvori energije*. Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union.
9. MMG HND, Mreža mlade generacije Hrvatskoga nuklearnoga društva. (2013). *Proizvodnja električne energija: Prednosti i nedostaci postojećih tehnologija*. Zagreb: Tehnički muzej.
10. Oktay, Z. (2009). Investigation of coal-fired power plants in Turkey and a case study: Can plant. *Applied Thermal Engineering*, 29, 550-557.
11. Roman, K., Barwicki, J., Hryniewicz, M., Szadkowska, D., & Szadkowska, J. (2021). Production of Electricity and Heat from Biomass Wastes Using a Converted Aircraft Turbine AL-20. *Processes*, 9(2), 1-15.
12. Škuletić, S., i Sekulić, Z. (2019). *Proizvodnja električne energije: udžbenik za drugi razred srednje stručne škole, obrazovni program Elektrotehničar energetike*. Podgorica: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
13. Ujkanović, I. (2014). *Izvori energije i životna sredina*. Čačak: Fakultet tehničkih nauka: Tehnika i informatika.
14. Zhang, T. (2019). Methods of Improving the Efficiency of Thermal Power Plants. *Journal of Physics: Conference Series*, 1449, 1-5.