

# Uporedni prikaz proizvodnje električne energije iz uglja zemalja Evrope sa najvećim udelom: politika i projekcija proizvodnje

## Comparative Overview of Electricity Production from Coal of European Countries with the Largest Share: Policy and Production Projection

Predrag Jovančić, Dragan Ignjatović, Stevan Đenadić

Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11120 Beograd, Srbija

**Rezime** - Energetski razvoj zemalja Evrope decenijama je bio baziran na uglju. Instalirana snaga svih energetskih kapaciteta koji su zasnovani na uglju je preko 2000 GW. Ugalj je i dalje od bitnog značaja za dobijanje električne energije u Evropi. I pored toga što postoji veliki potencijal uglja, trend je smanjenja proizvodnje električne energije iz uglja do 2050. godine. Imajući u vidu Zelenu agendu i politiku EU, zemlje Evrope se okreću obnovljivim izvorima energije. Srbija u okviru obnovljivih izvora ima potencijala prevashodno u energiji vetra, Sunca i biomase, odnosno hidropotencijala i gasa iz uvoza. Rezerve uglja (lignita) u Srbiji su preko 3 milijarde tona i omogućavaju dugogodišnju eksploataciju i pouzdano snabdevanje termoelektrana. Nemačka i Poljska takođe imaju veoma velike rezerve uglja ali i dugoročni plan zatvaranja rudnika i to Nemačka do 2038. godine, a Poljska do 2049. godine. Na osnovu svih ovih parametara, ovaj rad predstavlja pregledan rad koji može dati mali doprinos pri kreiranju buduće energetske politike Srbije.

**Ključne reči** - ugalj, električna energija, 2050. godina, projekcija proizvodnje

**Abstract** - The energy development of European countries has been based on coal for decades. The installed capacity of all coal energy capacities based on coal is over 2000 GW. Coal is still essential for electricity generation in Europe. Despite the great potential of coal, the trend is to reduce the production of electricity from coal by 2050. Given the Green Agenda and EU policy, European countries are turning to those renewable energy resources. Serbia has potentials primarily in wind, solar and biomass energy, ie hydro potential and imported gas. Serbia's coal (lignite) reserves are over 3 billion tons and enable long-term exploitation and reliable supply of thermal power plants. Germany and Poland also have very large coal reserves, but also a long-term plan to close the mine, namely Germany by 2038, and Poland by 2049. Based on all these parameters, this paper is a review paper that can make a small contribution to the creation of future energy policy of Serbia.

**Index Terms** - Coal, Electricity, 2050, Production projection

### I UVOD

Najveći proizvođači uglja (lignita) u Evropi su Nemačka, Poljska i Srbija (izuzimajući Tursku), posmatrajući 2020. godinu. Ostale zemlje proizvođači imaju smanjenje proizvodnje. Oko 248 miliona tona uglja je proizvedeno u ove tri zemlje u 2020. godini (lignita i kamenog uglja). Dešavanja oko energetske (ne)stabilnosti tokom 2021. i 2022. godine, imajući u vidu sve probleme oko energetske održivosti u Evropi, vratile su ugalj u prvi plan. Međunarodna agencija za energiju (IEA), predviđa da će ugalj imati centralnu ulogu u proizvodnji električne energije i u industriji, a posebno u proizvodnji čelika, i u narednim decenijama na svetskom nivou. Rast potrošnje uglja u 2021. godini ukazuje na oporavak pozicije uglja u svetu. Ovakav početak trenda podseća na centralnu ulogu uglja u svetskoj ekonomiji. Međutim, u Evropi je drugačija politika. Iako je u 2021. godini došlo do porasta proizvodnje uglja (uticaj COVID-a na pad ekonomije), političke najave ukazuju na dalji stalan pad upotrebe uglja. Prekretnica je polovina ovog veka kada se u Evropi očekuje nulta emisija i drastično smanjenje kapaciteta za proizvodnju uglja. Cilj ovog rada je da napravi poređenje tri zemlje (Nemačka, Poljska i Srbija), njihove politike proizvodnje uglja i električne energije iz uglja, ali i projekcije proizvodnje do 2050. godine. Srbija može i mora izvući neophodne zaključke za optimalan razvoj sopstvene energetike, koristeći iskustva najvećih zemalja Evrope u proizvodnji uglja [1-4].

### II PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE DOBIJENE IZ UGLJA

Evropa ima preko 1 TW instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije. Skoro četvrtina (24%) od ukupne proizvodnje električne energije u Evropi se dobija iz uglja (podatak za 2020. godinu). Izvršeno je poređenje Nemačke (kao najjače i najveće ekonomije Evrope), Poljske i Srbije. Glavni parametar koji je opredelio pravac ovog rada je veliki procenat proizvedene električne energije dobijene iz uglja u ovim zemljama (za period 2011-2020.). U tabeli 1 date su osnovne karakteristike vezane za električnu energiju u ovim zemljama. Kao što se može videti, dosta su velika odstupanja vezana za vrednosti bruto domaćeg proizvoda po glavi stanovnika i ukupne bruto proizvodnje električne energije zemalja - odnosi su u korist Nemačke. [1-

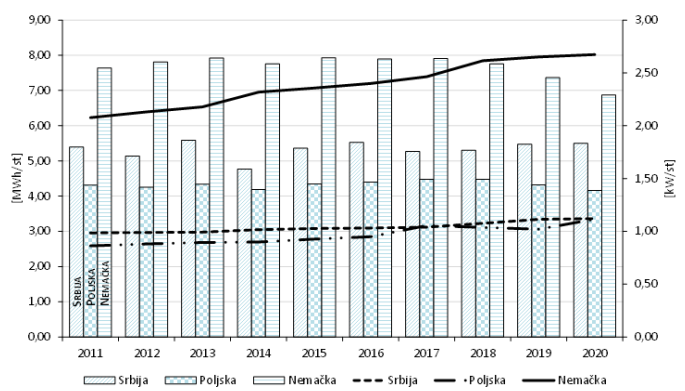
9,11-14,17, 25, 26]. Da bi se stepen razvijenosti zemlje kao što je Srbija podigao na viši nivo, energetska razvoj mora biti brži i okrenut ka tržištu više nego danas, da se prevashodno poštuju ekonomski parametri ne umanjujući značaj zaštite životne sredine. Na slici 1 prikazan je međusobni odnos parametara: ukupna bruto proizvodnja električne energije po glavi stanovnika [TWh/st] i instalisani kapaciteti po glavi stanovnika [kW/st]. Za period od

2011-2020. godine, prosečna proizvodnja električne energije po glavi stanovnika u Srbiji iznosi oko 5,33 MWh/st, u Poljskoj 4,33 MWh/st, a u Nemačkoj 7,68 MWh/st - odnosno, razlika je evidentna u korist Nemačke. Ovakav odnos daje povoda Srbiji da postigne što bolje iskorišćenje svojih energetskih potencijala, koje zasigurno ima, posebno uglja (dok god je u procesu eksploatacije). [11-14,16].

**Tabela 1.** Osnovne karakteristike proizvodnje i potrošnje električne energije

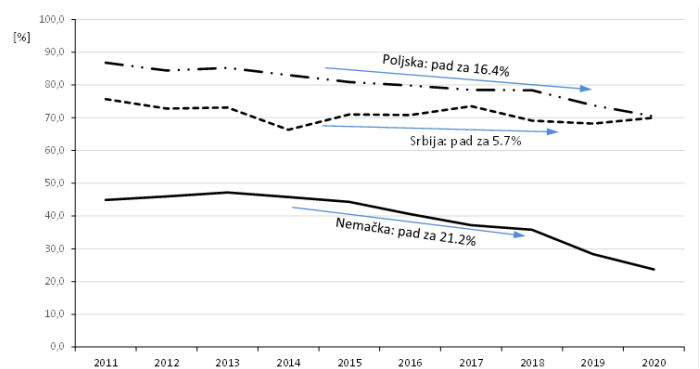
	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
<b>Srbija</b>										
Bruto domaći proizvod po glavi stanovnika (US\$/c)	6809	6016	6755	6600	5589	5765	6293	7252	7417	7721
Ukupna bruto proizvodnja električne energije (TWh)	39	37	40	34	38	39	37	37	38	38
Instalisani kapaciteti (MW)	7124	7129	7102	7249	7281	7281	7296	7514	7727	7739
Proizvodnja električne energije iz uglja (%)	75,7	72,8	73,1	66,3	71,0	70,8	73,5	69,1	68,2	70,0
Stanovništvo (miliona)	7,23	7,20	7,16	7,13	7,09	7,06	7,02	6,98	6,94	6,91
<b>Poljska</b>										
Bruto domaći proizvod po glavi stanovnika (US\$/c)	13880	13097	13696	14271	12578	12447	13865	15468	15732	15721
Ukupna bruto proizvodnja električne energije (TWh)	164	162	165	159	165	167	170	170	164	158
Instalisani kapaciteti (MW)	32823	33514	34009	34141	35189	36027	40077	39377	38760	42336
Proizvodnja električne energije iz uglja (%)	86,8	84,4	85,2	83,0	80,9	79,8	78,5	78,4	73,8	70,4
Stanovništvo (miliona)	38,06	38,06	38,04	38,01	37,99	37,97	37,97	37,97	37,97	37,95
<b>Nemačka</b>										
Bruto domaći proizvod po glavi stanovnika (US\$/c)	46645	43858	46286	47960	41087	42108	44542	47950	46795	46208
Ukupna bruto proizvodnja električne energije (TWh)	613	628	639	628	648	650	654	643	612	572
Instalisani kapaciteti (MW)	166668	171385	175689	187699	192539	197629	203747	216807	220320	222596
Proizvodnja električne energije iz uglja (%)	44,9	46,0	47,2	45,8	44,3	40,6	37,2	35,8	28,4	23,7
Stanovništvo (miliona)	80,27	80,43	80,65	80,98	81,69	82,35	82,66	82,91	83,09	83,24

Da bi se stepen razvijenosti zemlje kao što je Srbija podigao na viši nivo, energetska razvoj mora biti brži i okrenut ka tržištu više nego danas, da se prevashodno poštuju ekonomski parametri ne umanjujući značaj zaštite životne sredine. Na slici 1 prikazan je međusobni odnos parametara: ukupna bruto proizvodnja električne energije po glavi stanovnika [TWh/st] i instalisani kapaciteti po glavi stanovnika [kW/st]. Za period od 2011-2020. godine, prosečna proizvodnja električne energije po glavi stanovnika u Srbiji iznosi oko 5,33 MWh/st, u Poljskoj 4,33 MWh/st, a u Nemačkoj 7,68 MWh/st - odnosno, razlika je evidentna u korist Nemačke. Ovakav odnos daje povoda Srbiji da postigne što bolje iskorišćenje svojih energetskih potencijala, koje zasigurno ima, posebno uglja (dok god je u procesu eksploatacije). [11-14,16]



**Slika 1.** Ukupna bruto proizvodnja električne energije po glavi stanovnika [TWh/st] i instalisani kapaciteti po glavi stanovnika [kW/st]

Na slici 2 dati su odnosi proizvodnja električne energije iz uglja (%) za Nemačku, Poljsku i Srbiju. Evidentan je pad kod Nemačke za period 2011-2020., za odnos 2011. godine prema 2020. godini. Ukupna proizvodnja električne energije u Evropi se kreće oko 3900 TWh, dok je ukupna potrošnja električne energije po glavi stanovnika kreće oko 5270 kWh/st. Srbija se nalazi u okviru proseka.



**Slika 2.** Odnosi proizvodnja električne energije iz uglja (%) - trend

Jugoistočna Evropa (JI) gde se nalazi Srbija, su uz Nemačku i Poljsku, najveći proizvođači čvrstih goriva u Evropi. Dominantno gorivo za proizvodnju električne energije je i dalje uglj. Imajući u vidu poslovnu inerciju u rudarstvu i energetici, a posebno vremenski okvir u kome se planiraju razvojni poduhvati, sigurno je da i dalje treba očekivati pad učešća čvrstih goriva za proizvodnju električne energije. U tabeli 2 data je proizvodnja

uglja (lignita i kvalitetnijih ugljeva) u Srbiji, Poljskoj i Nemačkoj za period 2011-2020. Evidentan je pad proizvodnje u Nemačkoj i Poljskoj. Srbija raspolaže sa 6 termoelektrana na uglj, ukupno instalirane snage 4196 MW (svi kapaciteti su na lignit, 18 blokova prosečne snage 233 MW). Teritorija Kosova\* ima dve termoelektrane na uglj ukupno instalirane snage od 1290 MW (5 blokova prosečne snage 258 MW). Poljska raspolaže sa 44 termoelektrane na uglj, ukupno instalirane snage 29720 MW

(od čega su 7 termoelektrana na lignit, a ostale na kvalitetniji uglj, prevashodno kameni). Ukupno instalirana snaga poljskih termoelektrana na lignit je 9550 MW (39 blokova prosečne snage 245 MW), a instalirana snaga termoelektrana na kvalitetnije ugljeve je 20170 MW (114 blokova prosečne snage 177 MW). Nemačka raspolaže sa 63 termoelektrana na uglj, ukupno instalirane snage 38356 MW (101 blok prosečne snage 380 MW). [12-14,16].

**Tabela 2.** Proizvodnja uglja u milionima tona

	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
<b>Srbija</b>										
Proizvodnja lignita	37,2	37,5	39,5	29,2	37,1	38,4	39,1	37,6	38,9	39,7
Proizvodnja ostalih ugljeva	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Poljska</b>										
Proizvodnja lignita	62,8	64,2	65,5	63,7	63,1	60,2	61,0	58,6	50,3	46,0
Proizvodnja ostalih ugljeva	75,7	78,1	76,5	72,5	72,2	70,4	65,5	63,4	61,6	54,4
<b>Nemačka</b>										
Proizvodnja lignita	176,5	185,4	182,7	178,2	178,1	171,5	171,3	166,3	131,3	107,4
Proizvodnja ostalih ugljeva	12,1	11,6	7,5	7,6	6,7	4,1	3,9	2,8	0	0

Proizvodnja kvalitetnijih ugljeva je u padu u svim zemljama Evrope, dok je u Nemačkoj obustavljena, što je rezultat zahteva Evropske Komisije za ukidanje državnih subvencija i potpuno tržišno poslovanje rudnika (povećan uvoz kvalitetnijih, jeftinijih ugljeva).

### III PREDVIĐANJE RAZVOJA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Budućnost proizvodnje svih vrste ugljeva za dobijanje električne energije u najvećoj meri zavisi od sledećih faktora:

- klimatska politika definisana preko smernica EU, za svaku pojedinačnu državu (emisije CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i ugljene prašine),
- potražnje za električnom energijom koja u zavisnosti od stepena razvoja regiona ima povećan karakter,
- cene drugih izvora energije koje vremenom mogu biti konkurentne ceni kWh električne energije dobijene iz ugljeva,
- malo verovatno, revitalizacija starih (*repowering*) i eventualna izgradnja novih, modernijih i efikasnijih termoelektrana na uglj (kako zamenskih kapaciteta tako i novih) [15,21,22].

Zašto je poslednjih godina uglj bio nezamenljiv energent za dobijanje električne energije, pogotovo u doba COVID 19? Postoji nekoliko parametara koji uglj povezuju sa ovakvim scenarijom:

- postoje velike rezerve uglja, pogotovo lignita, koje su pristupačne i jeftini za proizvodnju,
- električna energija dobijena iz uglja je konkurentna na tržištu električne energije,
- industrija uglja i električne energije dobijene iz uglja zapošljava veliki broj ljudi, a pogotovo raznih vidova industrije i transporta koji su oslonjeni na uglj i električnu energiju; znači, pozitivan uticaj na svaku ekonomiju,
- siguran energetska potencijal za dobijanje električne energije koji se može izvoziti u druge okolne zemlje i doprineti razvoju i povećanju bruto domaćeg proizvoda,

- višedecenijsko znanje i iskustvo kompanija koje se bave proizvodnjom uglja i električne energije dobijene iz uglja,
- poslednjih godina, što se tiče Evrope generalno, može se govoriti o čistoj energiji koja je dobijena iz uglja, zbog smanjenja emisije CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i ugljene prašine, regionu i Srbiji tek predstoji period globalnog smanjenja štetnih uticaja - smernice i pozitivna iskustva postoje,
- pored hidroelektrana, termoelektrane na uglj su sistemi koji su izuzetno stabilni na elektro mreži, odnosno mogu da balansiraju nedostatak električne energije iz drugih izvora i na taj način održavaju kontinuitet u snabdevanju potrošača.

Kao što se iz prethodnog može videti, energetske politike pojedinih zemalja Evrope su veoma zavisne od fosilnih goriva, prvenstveno od uglja. U tom smislu, Pariski sporazum ima veliki značaj, pošto predviđa značajnu promenu politika vezanih za emisiju gasova sa efektom staklene bašte. Na ovoj konferenciji je preko 180 zemalja dalo obećanja (prihvatilo obavezu) da se smanji emisija ugljenika i da se "postigne ravnoteža između antropogenih emisija po izvorima i uklanjanja izvora emisije gasova staklene bašte u drugoj polovini ovog veka (neto nulte emisije)". Ovaj cilj treba da se postigne između 2050. i 2100. godine.

Realno je očekivati da se u regionu JI Evrope tokom narednih godina značajno povećaju naponi kako bi se ostvarilo smanjenje emisije GHG u skladu sa odredbama Pariskog sporazuma, a što bi za direktnu posledicu imalo značajnu redukciju potrošnje čvrstih fosilnih goriva za dobijanje električne energije.

Ovaj pristup podrazumeva značajan napredak u smislu uvođenja kako "zelenih" tehnologija za proizvodnju električne energije (energija vetra, solarna energija, biomasa, biogas i ostali obnovljivi izvori), tako i tehnologija za poboljšanje energetske efikasnosti i sprovođenja mera ublažavanja štetnog uticaja (hvatanje i skladištenje ugljenika, pošumljavanje i sl.). Sve ove tehnologije su dostupne.

Ono što treba naglasiti je očuvanje energetske sigurnosti pri

snabdevanju električnom energijom, odnosno realno i ostvarivo sprovođenje zamene termoelektrana na uglj do 2050. godine.



**Slika 3.** Raspored aktivnih termoelektrana na uglj u Nemačkoj, Poljskoj i Srbiji - izvori emisija

Emisija CO<sub>2</sub> u Nemačkoj, Poljskoj i Srbiji data je u tabeli 3. [2]

**Tabela 3.** Emisija CO<sub>2</sub> iz termoelektrana na uglj u 2021. godini

Miliona tona CO <sub>2</sub>	Odnos prema površini teritorije [tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> ]	Odnos prema broju stanovnika [tCO <sub>2</sub> /st]	Odnos prema proizvodnji struje [kgCO <sub>2</sub> /MWh]	
Srbija *	32	362	3.64	774

Poljska	155	496	4.08	1120
Nemačka	184	515	2.21	1132

\* sa teritorijom Kosova i Metohije

#### ▪ NEMAČKA - POLITIKA I PROJEKCIJA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ UGLJA

Nemačka je najveći proizvođač električne energije u Evropi (572 TWh). Nakon pada osam godina zaredom, proizvodnja električne energije na uglj porasla je u Nemačkoj 2021. godine (procenjeno za 25% u poređenju sa 2020.) - ali je i dalje ostala 4% ispod nivoa iz 2019. godine. Nekoliko je uzroka za ovakvo stanje. Potražnja za električnom energijom oporavila se za oko 4% nakon pada zbog Covid-19 u 2020. godini. Zatim, proizvodnja iz obnovljivih izvora, zbog malih brzina vetra, opala je prvi put u više od 20 godina. Takođe, visoke cene gasa učinile su proizvodnju električne energije iz uglja konkurentnijom u poređenju sa gasom.

Uprkos naporima da se poveća proizvodnja iz obnovljivih izvora energije, uglj je izbacio energiju vetra kao najveći energetske doprinos nemačkoj mreži u prvih šest meseci 2021, prema zvaničnim statističkim podacima. Ovakvo kolebanje proizvodnje električne energije dolazi u trenutku kada Nemačka želi da ubrza zatvaranje elektrana na uglj, nakon višegodišnjeg pritiska zelenih aktivista zbog zavisnosti zemlje od uglja i njegovog štetnog uticaja na podsticanje klimatske krize. Više od trećine svih emisija gasova staklene bašte otpada na sektor električne energije (352 miliona tona CO<sub>2</sub> godišnje).

Najnoviji podaci otkrivaju izazove koji predstoje u pogledu energetske promene u zemlji. Podaci koje je objavio Federalni zavod za statistiku (Destatis) pokazuju da je proizvodnja električne energije iz "konvencionalnih" izvora energije 2021. godine porasla za 20.9% u odnosu na prvu polovinu 2020. godine. [18-20]

Ukupno, konvencionalni izvori energije, uključujući uglj, prirodni gas i nuklearnu energiju, činili su 56% od ukupne električne energije koja se isporučuje u nemačku mrežu u prvoj polovini 2021. godine. Uglj je bio vodeći među konvencionalnim izvorima energije, sa preko 27% od proizvedene električne energije. Doprinos energije vetra je značajno opao u odnosu na prethodnu godinu - sa 29% na 22%. Vetar je bio najveći izvor za proizvodnju električne energije, ali je sada zabeležio najniže brojke od 2018. godine. Obnovljivi izvori energije su ukupno pali tokom prve polovine 2021. godine, od najvećih proizvođača električne energije na 44%. Nedostatak vetra od januara do marta 2021. godine naglo je smanjio količinu električne energije koju su proizvele nemačke vetroturbine. Nasuprot tome, olujno vreme u prvim kvartalima 2019. i 2020. naglo je povećalo proizvodnju električne energije.

Nemačka nastoji da vetar, solarna energija, biogas i drugi obnovljivi izvori energije igraju što veću ulogu, jer zemlja nastoji da potpuno ukine nuklearnu energiju 2022. godine i elektrane na uglj do 2038. godine. Trenutno stanje u energetske sektoru ni na koji način neće osujetiti energetske politiku Nemačke ka proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora (vetar, Sunce, biomasa, hidro).

Zbog novih kapaciteta i očekivanog povratka na istorijske prosečne brzine vetra, očekuje se da će dodatna proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije (do 15%) nadoknaditi pad u nuklearnom sektoru. Rast od oko 1% mogao bi da vrati potražnju na nivo pre pandemije iz 2019. godine.

U 2023. i 2024. godini očekuje se da će proizvodnja električne energije iz uglja pasti za ukupno jednu trećinu u odnosu na 2022. godinu. To omogućavaju sledeći faktori: kapaciteti iz uglja treba da budu povučeni u skladu sa odobrenim planovima za povlačenje (smanjenje sa 35 GW na kraju 2020. na 30 GW u 2022. godini i manje od 26 GW u 2024. godini); obnovljivi izvori energije nastavljaju da rastu (ukupno za 11% za dve godine); nemački neto izvoz električne energije će opasti i zemlja će postati neto uvoznik električne energije po prvi put od 2002. godine; usled stalnog povećanja konkurentnosti gasa u odnosu na ugalj, proizvodnja električne energije iz prirodnog gasa će porasti za 16% [18-20].

Najnovija dešavanja na istoku Evrope mogu promeniti cenu gasa kao i mogućnost njegove nabavke, tako da se može dovesti u pitanje brzina smanjivanja potrošnje uglja, a možda i povlačenje nuklearnih elektrana.

Cilj Nemačke za 2030. godinu je 65% učešća obnovljivih izvora energije u bruto potrošnji električne energije. Energija vetra i fotonaponski sistemi (solarna energija) su pokretačka snaga širenja obnovljivih izvora energije u Nemačkoj. Izlazna strategija za smanjenje dobijanja električne energije iz uglja do 2038. godine:

- Energija vetra trenutno ima vodeću ulogu u ekspanziji obnovljivih izvora energije. U 2020. godini, instalisani kapacitet vetroturbina na kopnu bio je 54,4 GW i 7,75 GW na moru. Ukupno je proizvedeno oko 131 TWh. Vetroturbine čine 23,7% bruto potrošnje električne energije u Nemačkoj. Do 2030. godine na mrežu bi trebalo da bude priključeno 20 GW energije vetra sa mora, a do 2040. godine i svih 40 GW. Prema planu urađenom 2021. godine, energija vetra na kopnu će imati instalirani kapacitet od 71 GW do 2030. godine. Znači, do 2030. godine Nemačka će imati oko 91 GW instaliranih kapaciteta vetroturbina.
- Novi solarni sistemi su danas među najjeftinijim tehnologijama obnovljive energije. Na kraju 2019. godine, više od 1.6 miliona fotonaponskih sistema sa oko 47,5 GW snage činilo je drugi najveći udeo sistema za proizvodnju električne energije u obnovljivim izvorima energije U Nemačkoj, posle energije vetra, druga po proizvodnji električne energije oko 51 TWh. Jedan do scenarija je će nakon 2030. godine biti instalisano oko 116 GW (prosek oko 71 GW).
- Biomasa se koristi u čvrstom, tečnom i gasovitom obliku za proizvodnju električne energije i toplote i za dobijanje biogoriva. U okviru obnovljivih izvora energije, biomasa doprinosi skoro 23% u proizvodnji električne energije, 86% u finalnoj potrošnji energije za grejanje i hlađenje i 88% u finalnoj potrošnji energije u transportu. Proizvodnja električne energije je oko 50 TWh.
- Korišćenje hidropotencijala na dosadašnjem nivou (19-20 TWh).

- Rast proizvodnje električne energije iz gasa (100-150 TWh) - opciono u zavisnosti od dešavanja u istočnoj Evropi. Proizvodnja električne energije trenutno je oko 92 TWh.
- Ubrzan tehnološki razvoj za dobijanje "zelenog" vodonika, prevashodno iz obnovljivih izvora; optimalno korišćenje tek posle 2033. godine.
- Ostatak neophodne električne energije posle 2030. (2038.) godine - uvoz!
- Pretpostavka autora: sukcesivno zatvaranje termoblokova, od najstarijih, sa najmanjim stepenom iskorišćenja; postojaće rezerva u kapacitetu iz elektrana na kameni uvozni ugalj posle 2038. godine, ne više od 10000 MW (elektrane će biti u nekoj vrsti stand-by režima).
- POLJSKA - POLITIKA I PROJEKCIJA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ UGLJA

Poljska je sedmi proizvođač električne energije u Evropi (158 TWh). Električnu energiju u Poljskoj proizvode termoelektrane, hidroelektrane, vetroelektrane i solarne elektrane.

Početkom 2021. godine njihov ukupni instalisani električni kapacitet iznosio je oko 45000 MW. Najviše energije generišu termoelektrane na kameni ugalj i lignit. Termoelektrana sa najvećim instaliranim kapacitetom je elektrana na lignit Belhatov, druga po veličini elektrana na ugalj u svetu (instalirani kapacitet od 5472 MW). Tokom 2020. godine, 70% električne energije je dobijeno iz uglja (kamenog i lignita).

Osamdesetih godina prošlog veka počela je izgradnja nuklearne elektrane Žarnovec (4×400 MW), ali su radovi zaustavljeni početkom devedesetih, uglavnom pod pritiskom protesta protivnika nuklearne energije.

Poljska je definisala energetska politiku do 2040. godine, koja postavlja okvir za energetska transformaciju u zemlji. U okviru te politike data su rešenja za ispunjavanje klimatskih i energetskih ciljeva EU, kao što su izgradnja kapaciteta vetra na moru ili puštanje u rad prve nuklearne elektrane u zemlji planirano za 2033. godinu. Posebnu ulogu u ovom procesu imaće implementacija energije vetra na moru u poljski elektro-energetski sistem i puštanje u rad nuklearne elektrane. To su dva strateški nova energetska izvora koji će se graditi u Poljskoj. [15,23,24]

Postizanje ovih ciljeva trebalo bi da se meri u perspektivi 2030. godine prema: maksimalnom udelu od 56% proizvodnje električne energije na ugalj (sa konzervativno procenjenim datumom izlaska iz 2049. godine); najmanje 23% obnovljive električne energije u finalnoj potrošnji (32% u proizvodnji električne energije, 14% u transportu); proizvodnja nuklearne energije koja će biti na mreži do 2033. godine; smanjenje emisije gasova staklene bašte (GHG) za 30% (u odnosu na nivoe iz 1990. godine); smanjenje potrošnje primarne energije za 23% (u odnosu na procene iz 2007. godine).

Izlazna strategija za smanjenje dobijanja električne energije iz uglja do 2049. godine:

- Energija vetra u Poljskoj: instalisani kapacitet je povećan sa 83,3 MW u 2005. na oko 6.000 MW u 2018. godini.

Sve vetroelektrane se nalaze na kopnu. Udeo u proizvodnji električne energije vetroparkova raste iz godine u godinu i u 2020. godini iznosio je oko 16TWh, odnosno 10% godišnje. U vetrovitim mesecima udeo je znatno veći - u rekordnom februaru 2020. godine, vetrenjače su zadovoljile oko 15% domaće potrošnje električne energije i proizvele preko 2,1 TWh energije. Baltička deklaracija za energiju vetra na moru ima za cilj da ubrza i koordinira aktivnosti usmerene na korišćenje energetskog potencijala mora. Potpisnici deklaracije su: Poljska, Nemačka, Danska, Švedska, Finska, Estonija, Letonija, Litvanija i EU. Najveća evropska industrijska organizacija Wind Europe procenjuje energetski potencijal Baltika na 83 GW, što prema proceni Evropske komisije premašuje 93 GW u 2050. godini. Do sada je izgrađeno samo 2,2 GW vetroparkova. Poljska očekuje dosta od potencijala vetra na moru.

- Korišćenje relativno malog hidropotencijala je sveden svega na 2 TWh godišnje.
  - Proizvodnje električne energije iz gasa iznosi 16 TWh godišnje. Nije precizirana proizvodnja električne energije iz gasa u budućnosti.
  - Prema programu o korišćenju nuklearne energije, Poljska planira da izgradi moderne, ali proverene i velike reaktore. Poljska energetska politika do 2040. godine pretpostavlja da će 2033. godine biti pušten u rad prvi blok poljske nuklearne elektrane sa kapacitetom od približno 1-1.6 GW. Naredni blokovi će se realizovati svake dve-tri godine, a ceo nuklearni program podrazumeva izgradnju šest blokova snage do 9 GW.
  - Dugoročno povlačenja uglja za dobijanje električne energije do 2049. godine (konzervativni scenario).
  - Pretpostavka autora: sukcesivno zatvaranje termoblokova, od najstarijih, sa najmanjim stepenom iskorišćenja; postojaće rezerva u kapacitetu iz elektrana na uglj i posle 2050. godine, ne više od 5.000 MW.
- SRBIJA - POLITIKA I PROJEKCIJA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ UGLJA

Srbija je potpisala Deklaraciju o Zelenoj agendi za Zapadni Balkan gde je predviđeno da 2050. godine, sve zemlje ovog regiona smanje korišćenje fosilnih goriva i emisiju štetnih gasova (dekarbonizacija). Drugim rečima, da Evropa bude klimatski neutralna do 2050. godine. To znači da se kroz uvođenje obnovljivih izvora energije, smanji i postepeno ukine proizvodnja električne energije iz uglja.

Ako Srbija ne bude gradila termoelektrane u narednom periodu (osim zamenskih, kvalitetnijih termoelektrana u skladu sa energetskom bezbednošću države i sa većom efikasnošću od postojećih, do 2050. godine, može ugasiti sve termoelektrane koje će do tada biti stare i istrošene. Srbija raspolaze potencijalom uglja koji joj može obezbediti sigurnost snabdevanja i posle 2050. godine.

Trenutno važeća Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, pokušala je da definiše put tržišnog restrukturiranja i tehnološke modernizacije sektora energetike. Iz ove Strategije treba da proistekne nekoliko

segmenata: održiv energetski sistem, sigurnost snabdevanja, efikasnost sistema, održiv bilans prirodnih resursa i što niži nivoi zagađenja okoline (adekvatna politika u oblasti zaštite životne sredine).

Energetski sektor Republike Srbije mora da postavi ciljeve sopstvenog razvoja vodeći računa o ograničenjima, ali i mogućnostima proizvodnje električne energije (u prvom redu "zelene" energije).

Drugim rečima, mora da se definiše izlazna strategija iz oblasti proizvodnje električne energije iz uglja, bez obzira na godine sprovođenja (cilj je 2050. godina, ali bez obzira na to, moraju se definisati pravci razvoja koji će se sprovođiti u delo). Štaviše, uglj se može koristiti i do 2060. godine, u manjem obimu (kao što je poznato, potencijala ima). [10,21,22,27]

Izlazna strategija za smanjenje dobijanja električne energije iz uglja do 2050. godine (realan pogled na dobijanje električne energije):

- Energija vetra u Srbiji: instalisani kapacitet u 2021. je 397 MW na osnovu Energetskog bilansa Republike Srbije. Udeo u proizvodnji električne energije vetroparkova raste iz godine u godinu i u 2021. godini iznosio je oko 1077 MWh, odnosno 2,8% godišnje. Međutim, potencijal vetra je dosta veći. Po domaćim projekcijama i projekcijama Wind Europe, potencijal vetra ide i preko 9 GW. Proizvodnja bi mogla iznositi i do 20-25 TWh godišnje, do 2050. godine. Srbija može očekivati dosta od potencijala vetra, uglavnom u Južnom Banatu, Bačkoj i delovima Istočne Srbije (problem definisanja infrastrukture i prenosa električne energije).[18,19,28]
- Korišćenje hidropotencijala je na drugom mestu po proizvodnji električne energije, odnosno 10 TWh godišnje. Instalisani kapacitet iznosi 3080 MW sa malim hidroelektranama. Nakon iskorišćenja hidropotencijala Drine, RHE Bistrica kao i RHE Đerdap III, može se očekivati proizvodnja električne energije i do 16-17 TWh godišnje do 2050. godine.
- Proizvodnje električne energije iz gasa iznosi 2,2 TWh godišnje. Nije precizirana proizvodnja električne energije iz gasa u budućnosti. U narednom periodu, Kina i Indija kao izuzetno veliki proizvođači električne energije iz uglja, počinju da sprovode politiku prelaska sa uglja na gas. Sigurno je da to neće ići nekim ubrzanim tempom, ali je bitno da se taj stav počinje sprovođiti. To su ogromne zemlje i potražnja za gasom je zbog toga ogromna. Gas je postao globalni produkt i utiče na sve. Srbija može do 2050. godine da izgradi ukupno oko 1,2 GW elektrana na gas i da proizvede oko 7 TWh električne energije godišnje, zahvaljujući međunarodnom gasovodu koji prolazi kroz Srbiju. Nestabilnost u istočnoj Evropi kao i skupi TNG mogu uticati na ove planove.
- Električna energija dobijena iz solarnih elektrana i elektrana na biogorivo može imati proizvodnju od 9 TWh godišnje, do 2050. godine. Potencijali su veliki (oko 6.9 GW može biti raspoloživo do 2050. godine) [28].
- U EU se aktivno realizuje plan nulte emisije gasova staklene bašte do 2050. godine. Dugoročno povlačenja uglja za dobijanje električne energije u Srbiji do 2050.

godine predstavlja konzervativni scenario, za koji se država obavezala da će ga ispoštovati. To se postiže sukcesivnim zatvaranjem termo-blokova, prvo onih najstarijih, sa najmanjim stepenom iskorišćenja. Od 70% dobijene električne energije iz uglja u 2020. godini, u 2050. godini se može doći do 5% (ovaj procenat može ići i do 13-15% ako se izgradi jedan blok instalisane snage 700 MW- potencijal uglja iz kolubarskog basena). Može

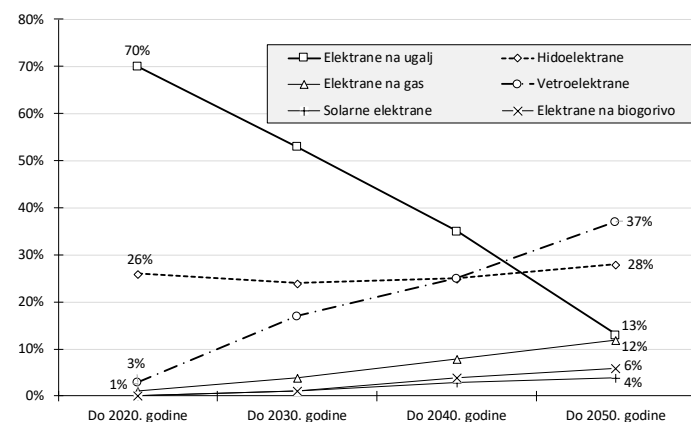
postojati rezerva u kapacitetu iz elektrana na uglj i posle 2050. godine, ne više od 1000 MW instalisane snage. Ovaj instalisani termo kapacitet može predstavljati sigurnosnu rezervu.[8,10]

U tabeli 4 je dat scenario razvoja proizvodnje električne energije u Srbiji do 2050. godine. Za ovaj scenario se može reći da je konzervativan prema dobijanju električne energije iz uglja.

**Tabela 4.** Scenario razvoja (konzervativni scenario za dobijanje električne energije iz uglja)

		Do 2030. godine		Do 2040. godine		Do 2050. godine	
Elektrane na uglj	+ MW	350		700		/	
	- MW	415		1875		1937	
	Σ MW	4162	36%	2987	20%	1050	6%
	GWh	27000	53%	19000	35%	7500	13%
Hidoelektrane	+ MW	500		500		600	
	- MW	/		/		/	
	Σ MW	3580	31%	4080	28%	4680	28%
	GWh	12000	24%	14000	25%	17000	28%
Elektrane na gas	+ MW	200		400		400	
	- MW	/		/		/	
	Σ MW	400	3%	800	6%	1200	7%
	GWh	2200	4%	4500	8%	7000	12%
Vetroelektrane	+ MW	2700		2000		2000	
	- MW	/		/		/	
	Σ MW	3097	27%	5097	35%	7097	42%
	GWh	8400	17%	14000	25%	22000	37%
Solarne elektrane	+ MW	200		1000		1000	
	- MW	/		/		/	
	Σ MW	211	2%	1211	8%	2211	13%
	GWh	250	1%	1450	3%	2700	4%
Elektrane na biogorivo	+ MW	100		300		300	
	- MW	/		/		/	
	Σ MW	127	1%	427	3%	727	4%
	GWh	580	1%	2000	4%	3400	6%
Ukupno	+ MW	4050		4900		4300	
	- MW	415		1875		1937	
	Σ MW	11577	100%	14602	100%	16965	100%
	GWh	50430 (+32%)*	100%	54950 (+45%)*	100%	59600 (+57%)*	100%

\*u odnosu na referentnu 2020. godinu



**Slika 4.** Učešće potencijala za dobijanje električne energije u Srbiji do 2050. godine (GWh)

Ako se realizuje planirana izgradnja dodatnih 700 MW iz uglja do 2035. godine (ili u najboljem slučaju do 2030. godine), učešće potencijala za dobijanje električne energije iz uglja može biti oko

35% odnosno oko 13%, respektivno u odnosu na 2040. i 2050. godinu. Za ovakav scenario se može reći da bi bio optimističan u odnosu na dobijanje električne energije iz uglja. Ovakav scenario dosta zavisi od globalne energetske politike u narednom periodu.

#### IV ZAKLJUČAK

Dešavanja oko energetske nestabilnosti tokom 2021. i 2022. godine, imajući u vidu sve probleme oko energetske održivosti u Evropi, na kratko su vratile proizvodnju električne energije iz uglja u prvi plan. Ovim radom se želi dati jedan mali doprinos u sagledavanju dobijanja električne energije u Srbiji do 2050. godine. Država želi da ima takvu Strategiju da bude nezavisna od uvoza električne energije, odnosno da bazira proizvodnju na domaćim održivim resursima. Imajući u vidu Zelenu agendu i politiku EU do 2050. godine, Srbija se okreće ka onim resursima obnovljivih izvora energije od kojih može imati veće koristi. To su u prvom redu energija hidropotencijala (reverzibilne elektrane), vetra, Sunca i biomase (preko 20 GW) u prvom redu, odnosno gasa iz uvoza (preko 1.5 GW). Ugalj je sve lošijeg kvaliteta (što se tiče kolubarskog basena; uglj iz kostolačkog

basena je dosta kvalitetniji i dostupniji), iako su rezerve bilansirane i definisane za eksploataciju i ima ga u dovoljnoj količini za optimalnu proizvodnju u narednim decenijama.

Održivost proizvodnje električne energije je upitna u narednom periodu ako se nastavi sa ovakvom politikom proizvodnje. U januaru 2022. godine uvezeno je oko 820 GWh električne energije (bez izvoza), a u februaru oko 384 GWh (bez izvoza). U ovom periodu u radu je bilo oko 2600 MW termoelektrana (od instaliranih 4000 MW; u radu 65%), oko 1200 MW hidroelektrana (od instaliranih 3080 MW; u radu 39%), zatim oko 85 MW vetroelektrana (od instaliranih 397 MW; u radu 21%) i oko 115 MW u radu elektrana na gas (od instaliranih 200 MW; u radu 57%). Na osnovu ovoga, sigurno je da treba razvijati u što većoj meri proizvodnju i iskorišćenje električne energije iz vetra, Sunca i biomase, zadržavajući hidropotencijal i koristeći uvozni gas u meri u kojoj će biti dostupan po povoljnoj ceni. Imajući u vidu trendove u Evropi, preporuke Zelene agende, prihvaćenih normi, u tabeli 4 dat je jedan scenario (što se tiče uglja, konzervativan) proizvodnje električne energije do 2050. godine. Ovaj scenario ne zagovara ovakav pristup kao konačan, ali se kao smernica za definisanje buduće Strategije može uzeti u razmatranje. Takođe, može se drugačije posmatrati uloga uglja za dobijanje električne energije do 2050. godine, sa učešćem oko 15%. Projekcija do 2060. godine bi bila u veoma veliku korist obnovljivih izvora energije.

Obnovljivi izvori energije u Srbiji imaju ograničenja u vidu nedostatka konstantnosti optimalne količine i snage vetra, ograničenog broja sunčanih dana, skladištenje viška energije u mreži, reciklaže solarnih panela kada se menjaju (pošto imaju rok trajanja), itd. Ovo su elementi koji dovode do ublažavanja pada dobijanja električne energije iz uglja u narednom periodu. To ne umanjuje značaj obnovljivih izvora energije. Treba stremiti ka optimizaciji i smanjenju uticaja nedostataka na sigurnost snabdevanja električnom energijom iz obnovljivih izvora energije. Postavlja se logično pitanje: može li Republika Srbija u narednom periodu biti energetski stabilna, održiva i nezavisna, bez korišćenja potencijala uglja za proizvodnju električne energije? Koliki je procenat smanjenja udela uglja u periodu 2040-2050. godina? Trenutna situacija u Evropi može zadržati ugalj kao siguran potencijal.

#### ZAHVALNICA/ACKNOWLEDGMENT

Ovaj članak je prilog projektu TR033039 koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Srbije.

#### LITERATURA/REFERENCES

- [1] EURACOAL, An Action Plan for Coal in the 21st Century, [https://public.euracoal.eu/download/Public-Archive/Events/EP-Round-Table-on-Coal/20140327-23rd/Action\\_Plan\\_for\\_Coal\\_2014\\_rev05.pdf](https://public.euracoal.eu/download/Public-Archive/Events/EP-Round-Table-on-Coal/20140327-23rd/Action_Plan_for_Coal_2014_rev05.pdf) [pristupljeno 12.04.2022]
- [2] International Energy Agency IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion - Highlights, 2019. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb3b2e8d-28e0-47fd-a8ba-160f7ed42bc3/CO2\\_Emissions\\_from\\_Fuel\\_Combustion\\_2019\\_Highlights.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb3b2e8d-28e0-47fd-a8ba-160f7ed42bc3/CO2_Emissions_from_Fuel_Combustion_2019_Highlights.pdf) [pristupljeno 12.04.2022]
- [3] EURACOAL, Coal Fuel for the 21st century, <https://public.euracoal.eu/download/Public-Archive/Library/Brochures/EURACOAL-21st-Century.pdf> [pristupljeno 12.04.2022]
- [4] EURACOAL, Coal Industry Across Europe, <https://public.euracoal.eu/download/Public-Archive/Library/Coal-industry-across-Europe/EURACOAL-Coal-industry-across-Europe-7th.pdf> [pristupljeno 12.04.2022]
- [5] Databank, <https://databank.worldbank.org/> [pristupljeno 12.04.2022]
- [6] EUROSTAT, Energy, transport and environment indicators, 2020, <https://doi.org/10.2785/522192>
- [7] European coal regions, <https://visitors-centre.jrc.ec.europa.eu/tools/coal-report/> [pristupljeno 12.04.2022]
- [8] Coal Matters, Divestment & the future role of coal, [https://www.whitehavencoal.com.au/wp-content/uploads/2015/02/Coal\\_Matters\\_Divestment\\_Future\\_Role\\_Coal.pdf](https://www.whitehavencoal.com.au/wp-content/uploads/2015/02/Coal_Matters_Divestment_Future_Role_Coal.pdf) [pristupljeno 12.04.2022]
- [9] International Energy Agency - Report: Coal 2021, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f1d724d4-a753-4336-9f6e-64679fa23bbf/Coal2021.pdf>
- [10] Jovančić, P., Tanasijević, M., Ivezić, D. Serbian energy development based on lignite production, Energy Policy, Vol. 39, No. 3, pp 1191-1199, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.041>
- [11] IEA, Key World Energy Statistics, 2021, <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021> [pristupljeno 12.04.2022]
- [12] Global energy observatory, Power plants data, <http://globalenergyobservatory.org/> [pristupljeno 12.04.2022]
- [13] IEA, Resources to Reserves, 2013, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/afc6bec5-22e8-4105-a1b3-ceb89eac1e9/Resources2013.pdf> [pristupljeno 12.04.2022]
- [14] UN/ECE - International Coal Classification of the Economic Commission for Europe, 1988.
- [15] Widera, M., Kasztelewicz, Z., Ptak, M. Lignite mining and electricity generation in Poland: The current state and future prospects. Energy Policy, Vol. 92, pp. 151-157, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.002>
- [16] World Energy Resources: Coal, World Energy Council, 2016 [https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/weresources\\_coal\\_2016.pdf](https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/weresources_coal_2016.pdf)
- [17] World Population by Country 2022, <https://worldpopulationreview.com/countries> [pristupljeno 12.04.2022]
- [18] Wind Europe, Wind energy in Europe, 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026. <https://www.anev.org/wp-content/uploads/2022/02/20222-Stats-Outlook.pdf> [pristupljeno 12.04.2022]
- [19] IRENA, Renewable energy Prospects for Central and South-eastern Europe Energy connectivity, [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Oct/IRENA\\_REmap\\_CESE\\_C\\_2020.pdf?rev=1d65ed29a9cf40d5849b7524d5a395b5](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Oct/IRENA_REmap_CESE_C_2020.pdf?rev=1d65ed29a9cf40d5849b7524d5a395b5) [pristupljeno 12.04.2022]
- [20] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2019, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- [21] Jovančić, P., Ignjatović, D., Pavlović, V. Coal as energy potential in forecasting development: a case study of Southeastern Europe, in Proc. X Jubilee International Brown Coal Mining Congress, Belchatow, Poland, pp. 147-160, 16-18 April, 2018.
- [22] Jovančić, P., Kolonja, B., Ignjatović, D., Tanasijević, M., Madžarević, A., Krstić, V. Energy Resources in the Republic of Serbia: Development Policy, Energy sources, part B: Economics, Planning and Policy, Vol. 11, No. 11, pp. 1020-1026, 2016. <https://doi.org/10.1080/15567249.2014.896435>
- [23] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa, Polityka energetyczna Polski do 2040 r., 2021. <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski> [pristupljeno 12.04.2022]
- [24] IEA, National Energy Efficiency Action Plan for Poland 2017, 2017. <https://www.iea.org/policies/7750-national-energy-efficiency-action-plan-for-poland-2017-fourth> [pristupljeno 12.04.2022]
- [25] Global Coal Plant Tracker (GCPT), <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/> [pristupljeno 12.04.2022]
- [26] WindEurope Intelligence Platform, <https://windeurope.org/intelligence-platform/> [pristupljeno 12.04.2022]



- [27] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, Službeni glasnik RS, broj 101, 2015. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/skupstina/ostalo/2015/101/1/r> [pristupljeno 12.04.2022]
- [28] International Renewable Energy Agency (IRENA), Cost-Competitive Renewable Power Generation: Potential across South East Europe, 2017. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA\\_Cost-competitive\\_power\\_potential\\_SEE\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA_Cost-competitive_power_potential_SEE_2017.pdf) [pristupljeno 12.04.2022]

#### AUTORI/AUTHORS

**dr Predrag Jovančić** - redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, [predrag.jovancic@rgf.bg.ac.rs](mailto:predrag.jovancic@rgf.bg.ac.rs), ORCID [0000-0002-2245-4172](https://orcid.org/0000-0002-2245-4172)

**dr Dragan Ignjatović** - redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, [dragan.ignjatovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:dragan.ignjatovic@rgf.bg.ac.rs), ORCID [0000-0002-8941-4108](https://orcid.org/0000-0002-8941-4108)

**msr Stevan Đenadić** - asistent, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, [stevan.djenadic@rgf.bg.ac.rs](mailto:stevan.djenadic@rgf.bg.ac.rs), ORCID [0000-0003-2835-7151](https://orcid.org/0000-0003-2835-7151)