

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA EFIKASNOST POSLOVANJA VETROELEKTRANA

Univ. spec. oec. Adnan GUŠIĆ
Stručnjak iz oblasti ekonomike energetike, agusic.bh@gmail.com

dr. sc. Faruk SERDAREVIĆ dipl.ing.maš.
Stručnjak iz oblasti energetike, faruk.serdarevic@gmail.com

REZIME

Ovaj rad istražuje uticaj klimatskih promena na proizvodnju i finansijske rezultate vetroelektrana, fokusirajući se na njihovu osetljivost na meteorološke ekstreme i sposobnost prilagođavanja. Klimatske promene unose neizvesnost u dostupnost vetra, resursa koji pokreće vetroelektrane, i povećavaju rizik od ekstremnih događaja koji mogu oštetiti vetrogeneratore, čime rastu kapitalni i operativni troškovi. Složenost klimatskih posledica, posebno na lokalnom nivou važnom za investitore, otežava predviđanja tokom celog životnog veka vetroelektrane.

Cilj rada je da ukaže na klimatski rizik za poslovanje vetroelektrane, identifikuje učesnike koji mogu obezbediti mere ublažavanja rizika, te predloži zaštitne mere za investitore.

Zaključak ističe važnost analize promena brzine vetra i njegove distribucije, posebno za atraktivne lokacije s višim prosečnim brzinama koje su ranjivije na klimatske ekstreme.

Ključne reči: vetroelektrane, meteorološki rizici, mere prilagođavanja klimatskim rizicima

UVOD

Globalni klimatski sistem se menja i taj proces će se nastaviti. Posledice ovih promena su velike, sa uticajem

Podaci o prihvatanju članka

Primljen: 21.5.2024.

Ispravljen: -

Prihvaćen: 8.6.2024.

Kontakt: faruk.serdarevic@gmail.com

na ekosisteme, ljudsko zdravlje i ekonomiju, a predviđanja pokazuju da će taj uticaj u budućnosti rasti. Već je odavno jasno da su klimatske promene, koje se manifestuju kroz sve češće ekstremne vremenske uslove, migracije životinjskih i biljnih vrsta, podizanje nivoa mora, topljenje glečera i druge pojave, uglavnom izazvane ljudskim emisijama gasova staklene bašte, koje su se od predindustrijskog perioda značajno povećale usled rasta populacije i ekonomskog razvoja.

Energetski sektor doprinosi sa preko 40% ukupnim emisijama gasova staklene bašte, za koje se smatra da su glavni uzrok klimatskih promena [1] (World Nuclear Association, 2024). Čovečanstvo je fokusirano na pronalaženje rešenja za ove promene, a jedno od tih rešenja je razvoj energije iz obnovljivih izvora, što pomaže u smanjenju emisija gasova staklene bašte.

Ipak, s obzirom na to da većina tehnologija za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora zavisi od vremenskih uslova, jasno je da klimatske promene mogu uticati na njihov rad i efikasnost. Energetska postrojenja se projektuju da funkcionišu decenijama, ali je teško predvideti sve posledice klimatskih promena u tako dugom vremenskom periodu.

KLIMATSKIE PROMENE - UZROCI I POSLEDICE

Pojam "klimatske promene" odnosi se na dugoročne promene u vremenskim i klimatskim obrascima. Za razliku od "globalnog zagrevanja", klimatske promene obuhvataju ne samo porast prosečne temperature, već i ekstremne vremenske događaje, migracije životinja i biljaka, rast nivoa mora, topljenje glečera i druge pojave izazvane uglavnom prekomernim emisijama gasova staklene bašte.

Antropogene emisije gasova staklene bašte su se značajno povećale od predindustrijske ere zbog ekonomskog rasta i porasta stanovništva, te su sada na najvišem nivou ikada. To je dovelo do atmosferskih koncentracija ugljen-dioksida, metana i azot-oksida koje su bez presedana u poslednjih 800.000 godina [2], stvarajući efekat staklene bašte, gde se toplota zarobljava blizu Zemljine površine. Ovi uticaji, zajedno s drugim ljudskim faktorima, otkriveni su širom klimatskog sistema i najverovatnije su glavni uzrok zagrevanja zabeleženog od sredine dvadesetog veka.

Klimatski sistem će se i dalje menjati zbog emisija gasova staklene bašte. Očekuje se da će toplinski talasi, poplave i drugi uticaji na ekosisteme, zdravlje ljudi i ekonomiju postati ozbiljniji čak i u bliskoj budućnosti. U periodu od 2010. do 2018. godine, emisije gasova staklene bašte porasle su za oko 11% [3]. Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC), osnovan 1988. godine u okviru Ujedinjenih nacija, jedan je od vodećih autoriteta u proučavanju klimatskih promena. U avgustu 2021. godine, IPCC je objavio prvi deo šestog izveštaja o stanju klime, koji donosi dramatična upozorenja i zaključke, navodeći da je situacija gotovo nepopravljiva [4]. Naučnici su istakli da se klimatske promene ubrzavaju i da su nesumnjivo posledica ljudskih aktivnosti. Zemlja se već zagrejala za oko 1,1°C u odnosu na predindustrijsko doba, a "tačka bez povratka" je na 1,5°C, zbog čega stručnjaci veruju da je šteta verovatno već sada nepopravljiva. Prognozira se da bi prag od 1,5°C mogao biti dostignut u narednih dvadeset godina, što bi uzrokovalo još intenzivnije, učestalije i nepredvidljivije vremenske ekstreme na mestima gde ih ranije nije bilo.

Procene klimatskog uticaja, rizika i ranjivosti su ključne za određivanje prirode i obima uticaja na prirodne

sisteme i ljudsko društvo. Različite metode i alati, potkrepljeni prošlim opservacijama i budućim scenarijima klimatskih promena, koriste se u ovoj analizi, uzimajući u obzir i ekološke i socio-ekonomske faktore.

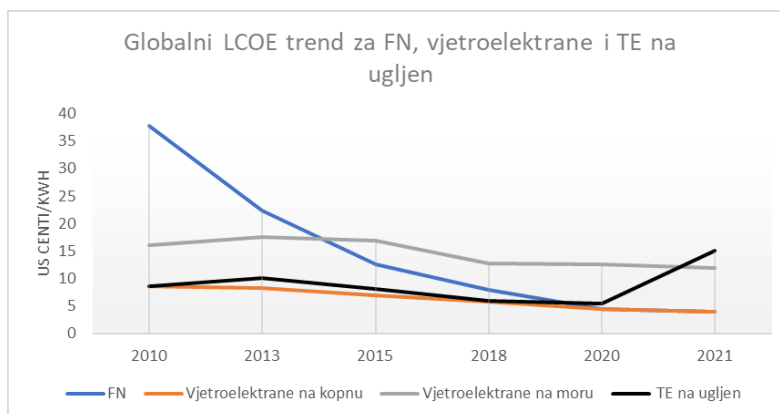
ENERGIJA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Trend rasta kapaciteta obnovljivih izvora energije (OIE) je očigledan. Prema podacima UNEP-a i Frankfurtske škole [5], kapaciteti obnovljivih izvora energije (bez velikih hidroelektrana) u 2019. godini porasli su za rekordnih 183 GW, što je za oko 20 GW više nego u 2018. godini. Da bi se dostigli ciljevi do 2030. godine, potrebno je instalirati dodatnih 721 GW globalno.

Ipak, ne bilježe sve tehnologije podjednak rast. Hidroenergija, s kapacitetom od 1.187 GW, dominira u ukupnoj proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, ali, njen udeo opada. U 2000. godini, hidroenergija je činila 87% ukupne proizvodnje energije iz OIE, dok je u 2019. taj procenat pao na 34,3% (European Commission, 2021).

Treba naglasiti da su proizvođači OIE sve više prepušteni tržištu, a sve manje zaštićeni državnim poticajima, što njihovo poslovanje čini sve rizičnijim.

Kao što se vidi na slici 1, od 2010. godine sve navedene OIE tehnologije beleže pad nivelisanog troška energije (LCOE). Najdramatičniju promenu zabeležila je FN solarna tehnologija, čiji je LCOE u 2010. godini iznosio 0.38 USD/kWh, da bi u 2019. godini pao na 0.07 USD/kWh. Poređenja radi, LCOE nove termoelektrane na uglj u 2019. godini iznosio je 0.07 USD/kWh [6]. LCOE trošak hidroelektrane i vetroelektrane na kopnu bio je u 2019. godini niži od LCOE troška termoelektrane na uglj.



Slika 1. Promene Inivelisanog troška energije: prema: IRENA, 2021

S druge strane, zbog rasta cene CO₂, trošak proizvodnje energije iz termoelektrana na ugalj u 2021. godini nadmašio je sve prikazane OIE tehnologije [7]. Stoga je potreba za finansijskom podrškom, tj. poticajima, ovih tehnologija sve manja.

Nedvojbeno je da su poticaji za OIE postrojenja, i pored svih negativnih posledica koje nose, bili nužni u začetku razvoja OIE sektora. Međutim, napretkom tehnologije, povećanjem efikasnosti i smanjenjem troškova proizvodnje komponenti za OIE postrojenja, potreba za poticanjem OIE projekata jenjava. Osim toga, uvođenjem poreza na emisije CO₂, proizvođači električne energije iz konvencionalnih izvora se stavljaju u nepovoljniji položaj, jer cena električne energije iz ovih izvora vrtoglavo poskupljuje usled ovog poreza.

Naravno, nije reč o momentalnom prekidu poticaja, te zemlje koje su napredovale u dostizanju zadatih ciljeva uvode, korak po korak, tržišne mehanizme u sektor obnovljivih izvora energije. Tako, umesto administrativno određenih poticajnih cena otkupa električne energije, sve više zemalja uvodi tendere na osnovu kojih se dodeljuje povlašćeni status ponuđaču koji je ponudio najnižu garantovanu cenu električne energije.

UTICAJ METEOROLOŠKIH POJAVA NA RAD VETROELEKTRANA

Proizvodnja električne energije iz vetra snažno zavisi od vremenskih i klimatskih uslova. Klimatske promene su dovele do smanjenja brzine vetra za oko 15% od 1980. godine [8]. Istraživanje sa Harvarda pokazuje da povećane temperature smanjuju temperaturni gradijent između kopna i mora, što rezultira smanjenjem vetrovitosti u istorijski vetrovitim područjima. Očekuje se da će potencijal vetra u Kini i Indiji opadati, ali to će biti minimalno, sa smanjenjem od 1% u Kini i 2% u Indiji [9].

Istraživanje Instituta za tehnologiju u Karlsruheu [10] ukazuje da klimatske promene predstavljaju veliki izazov za proizvodnju energije vetra u Evropi. Očekuje se da će prosečna proizvodnja energije vetra ostati slična do kraja 21. veka, ali sa jačim sezonskim kolebanjima. Smanjenje temperaturne razlike između Severnog pola i ekvatora dovodiće do slabljenja vetra u severnim delovima sveta [11].

Vodeći proizvođači energije iz obnovljivih izvora, poput SSE-a u Velikoj Britaniji, izvestili su o smanjenju proizvodnje energije od 32% zbog nepovoljnih vremenskih uslova u 2021. godini [12]. Takođe, iste godine, evropski divovi RWE i Orsted suočili su se sa nižim dobicima zbog slabijih vetrovitih uslova u Severnoj i Srednjoj Evropi [13].

Dugotrajno zadržavanje visokog atmosferskog pritiska nad Srednjom Evropom uzrokovalo je smanjenje intenziteta vetra. Iako se godina 2021. može smatrati ekstremnim događajem, istraživanja sugerisu da je smanjenje brzine vetra deo dugoročnog trenda, a ne ciklične varijabilnosti [14].

UTICAJ BRZINE I DISTRIBUCIJE VETRA NA EFIKASNOST VETROELEKTRANA

Smanjenje vetropotencijala direktno utiče na proizvodnju električne energije, dok ekstremne brzine vetra, koje su sve češće zbog klimatskih promena, takođe negativno deluju na rad vetroelektrana. Svaki vetrogenerator ima maksimalnu brzinu obrtanja, koja zavisi od veličine i dizajna uređaja. Kada se dostigne ta brzina, vetrogenerator automatski zaustavlja rad lopatica i proizvodnju energije kako bi se zaštitio od mogućih oštećenja. Manje turbine blizu tla obično imaju niže maksimalne brzine u odnosu na veće turbine, koje su sposobne da podnesu jače vetrove.

Oštećenja se najčešće javljaju na lopaticama rotora, električnom generatoru i menjaču brzine. Iako nisu sva oštećenja uzrokovana klimatskim uticajem, značajan deo njih proizašao je iz niskih temperatura, udara munje i ekstremno jakih vetrova. Oštećenja zahtevaju skupe popravke; na primer, menjač, koji može biti oštećen usled velikih temperaturnih fluktuacija ili naglih promena brzine vetra, čini 13% ukupnog troška vetrogeneratora. Svake godine se prijavi oko 1.200 oštećenja menjača [15]. Dodatni gubitak za investitore predstavlja i privremena neoperativnost vetrogeneratora dok se oštećenje ne otkloni.

Iako prosečna brzina vetra igra jako bitnu ulogu u proizvodnji vetroelektrane, promena distribucije brzine vetra može značajno uticati na njenu proizvodnju, pa je čak moguć i scenarij da i kada dođe do povećanja prosečne brzine vetra, proizvodnja padne zbog nepovoljne distribucije brzine. Evo kako to funkcioniše:

- **Weibulov (Weibull) faktor oblika** je parametar koji opisuje raspodelu brzina vetra. Niže vrednosti (npr. ispod 1,46) označavaju širu distribuciju, dok više

vrednosti (iznad 2,23) ukazuju na užu, koncentrisanu distribuciju brzina.

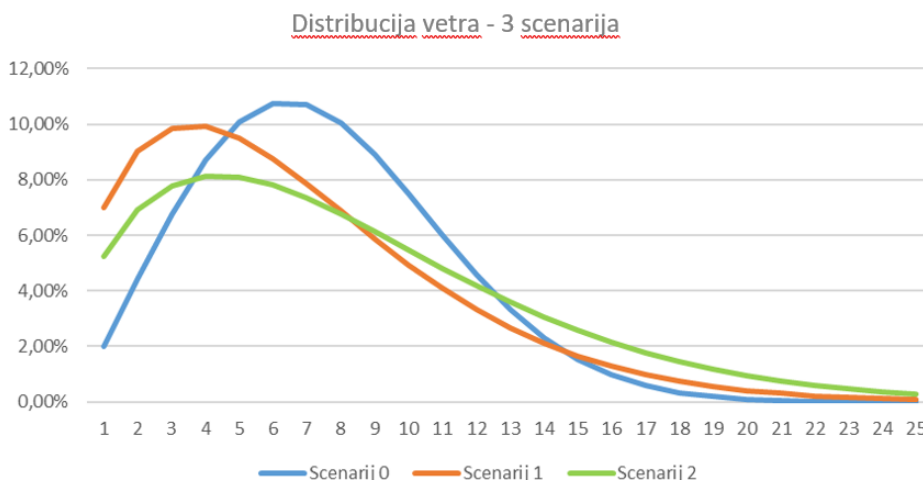
- **Šira distribucija (nizak Weibulov faktor)** znači da su brzine vetra rasprostranjene u širokom opsegu, odnosno da su češće prisutne i vrlo niske i vrlo visoke brzine. Iako ovo može omogućiti povremeno povećanje proizvodnje pri povoljnim uslovima, varijabilnost može dovesti do učestalih perioda sa vrlo slabim vetrom, što smanjuje ukupnu proizvodnju tokom vremena. Takođe, ekstremne brzine vetra će prisiliti operatere da gase proizvodnju iz bezbednosnih razloga, čime se dodatno smanjuje efikasnost.

Na slici 2 je prikazan uticaj Weibulovog faktora i prosečne brzine na distribuciju vetra po brzinama u m/s. Scenarij 0 je zasnovan na prosečnoj brzini vetra od 7,50 m/s i weibulovom faktoru 2,20, dok scenariji 1 i 2

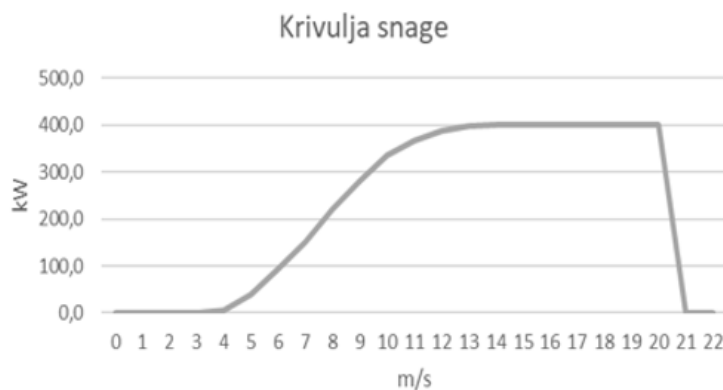
prikazuju distribuciju pri brzinama -10%, odnosno +10% u odnosu na Scenarij 0, ali uz Weibulov faktor od 1,5. Očigledna je pojava frekventnijih perioda smanjenih vetrova, sa jedne strane, ali i ekstremnih brzina vetrova, sa druge.

Dakle, povećanje prosečne brzine vetra može izgledati pozitivno, ali ako je raspodela previše raširena, vetroelektrana može doživeti smanjenje proizvodnje jer turbina neće moći da radi na svom optimalnom kapacitetu.

Krivulja snage tipičnog vetroagregata od 400 kW, prikazana na slici 3, jasno prikazuje da je maksimalna proizvodnja ovog agregata od 12 do 20 m/s, a da pri brzinama od 3 m/s ili manjim, te 21 m/s ili većim, proizvodnje nema.



Slika 2. Distribucija brzine vetra po tri scenarija



Slika 3: Dijagram snage vetrogeneratora u funkciji brzine vetra

Neizvesnost koju globalne klimatske promene nose ne odnosi se samo na rizik smanjenja proizvodnje, od koje zavisi, između ostalog, profitabilnost poslovanja i ispunjenje planirane dinamike povrata uloženog kapitala. Investitori su, usled rizika povećanja troškova balansiranja zbog sve većeg udjela varijabilnih izvora obnovljive energije u elektroenergetskim sistemima, pod dodatnim pritiskom. Rizik većih troškova balansiranja, uzrokovan klimatskim promenama, vremenom će postati sve uticajniji pri izradi studija izvodljivosti projekata vetroelektrana.

PREDLOG MERA ZA SMANJENJE UTICAJA KLIMATSKIH PROMENA NA FINANSIJSKE REZULTATE VETROELEKTRANA

1. Uloga države:

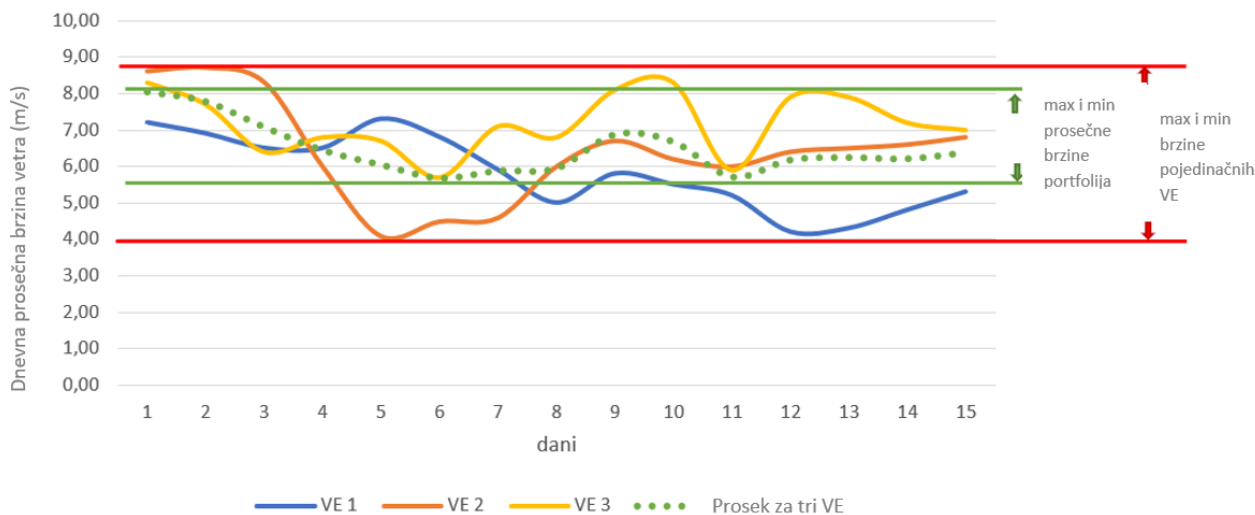
Država ima ključnu ulogu u povećanju otpornosti vetroelektrana na klimatske promene kroz politiku koja uključuje podizanje svesti, definisanje odgovornosti, podršku inovacijama i obezbeđivanje finansiranja. Ove mere treba pažljivo planirati i uključiti relevantne aktere kako bi se osigurao uspešan proces prilagođavanja.

2. Uloga finansijskih institucija:

Finansijske institucije prepoznaju prilike uzrokovane klimatskim promenama i pružaju podršku putem finansijskih proizvoda za prilagođavanje i ublažavanje posledica. Osiguravači igraju važnu ulogu u smanjenju rizika putem osiguranja imovine, što postaje sve važnije zbog povećanih gubitaka od ekstremnih vremenskih događaja.

3. Uloga investitora:

Investitori se suočavaju s rizicima koji mogu smanjiti prihode i povećati troškove. Određene mere se mogu poduzeti u fazi projektovanja elektrane, pa tako investitor može dodatno investirati u pojačanu zaštitu od učestalijih udara munja, pri izboru materijala i maziva, uzeti u obzir ekstremnije temperaturne raspone, poboljšati dizajn turbine i primeniti ojačane strukture kako bi se izdržali ekstremni uslovi vetra. Mere prilagođavanja koje se poduzimaju nakon izgradnje i za vreme rada vetroelektrane uključuju osiguranje imovine, diversifikaciju portfolija vetroelektrana i korišćenje vremenskih derivata za zaštitu od nepovoljnih vremenskih uslova.



Slika 4. Primer balansiranja prosečne brzine vetra za tri vetroelektrane tokom 15 dana

Na slici gore prikazan je 15-dnevni primer balansiranja prosečne brzine vetra za tri vetroelektrane u portfoliju. Uočava se znatno blaže odstupanje prosečne brzine vetra portfolija u odnosu na pojedinačne vetroelektrane. Manja odstupanja prosečne brzine vetra znače i ujednačeniju proizvodnju električne energije, kao i novčane tokove, čime investitor značajno smanjuje rizik

da se nađe u poziciji da ne može ispunjavati svoje obaveze prema poveriocima.

I dok je investiranje u portfolije uglavnom pogodnost za velike ulagače, finansijski instrumenti koji se u praksi nazivaju vremenskim derivatima (izvedenicama) predstavljaju opciju zaštite dostupnu većini investitora.

Vremenski derivati omogućavaju jednostavnije aktiviranje kompenzacije bez potrebe za dokazivanjem štete, što može značajno smanjiti finansijske rizike. Najčešći su:

- Put opcija – investitor unapred plaća premiju kako bi stekao pravo na kompenzaciju kada proizvodnja podbaci. Okidači isplate su, na primer, prosečna brzina vetra ili količina proizvedene energije, a kompenzacija pokriva pad proizvodnje zbog nepovoljnih vremenskih uslova.
- Kolar (Collar) opcija – investitor plaća male premije, a kompenzacija se isplaćuje kada proizvodnja podbaci. U slučaju viška proizvodnje, investitor kompenzuje osiguratelja. Ako je proizvodnja u dogovorenim granicama, nema plaćanja. Proizvodnja je ograničena minimalnom (floor) i maksimalnom (ceiling) količinom.
- Swap (Swap) opcija – investitor plaća minimalnu premiju, a na kraju perioda jedna strana uvek kompenzuje drugu u zavisnosti od prihoda. Cilj je stabilizacija prihoda bez fluktuacija usled varijabilnosti resursa.

Obzirom da se radi o relativno novom tržištu, za očekivati je pojavu i novih instrumenata zaštite ulagača.

ZAKLJUČAK

Antropogene emisije stakleničkih gasova dovode do kontinuiranog zagrevanja planete, što rezultira globalnim klimatskim promenama. Energetski sektor, koji čini značajan deo emisija stakleničkih gasova, mora se orijentisati ka obnovljivim izvorima energije, s posebnim naglaskom na vetroelektrane.

Vremenski uslovi direktno utiču na finansijske rezultate elektrana na obnovljive izvore energije. Vetroelektrane nisu izuzetak. Proizvodnja električne energije iz VE zavisi od brzine vetra i Weibullovog faktora. Istraživanja pokazuju da smanjenje prosečne brzine vetra i Weibullovog faktora dovodi do značajnog smanjenja proizvodnje i poslovnih rezultata. Povećanje brzine vetra može poboljšati rezultate, ali može učiniti lokacije s višim brzinama ranjivijima na vremenske rizike.

Uzimajući u obzir sve veću prisutnost varijabilnih izvora energije u elektroenergetskim sistemima širom sveta i njihovu sve veću izloženost razmatranim uticajima klimatskih promena dovela bi do toga da će

rizik troška balansiranja vremenom postojati sve uticajnije kod izrade studija izvodljivosti projekata vetroelektrana.

Zbog toga ulagači treba da budu svesni klimatskih rizika i preduzmu mere prilagodbe. Dostupni su različiti instrumenti zaštite projekata, ovisno o fazi projekta, veličini i mogućnostima investitora, razvijenosti finansijskog tržišta i njegove ponude. Uloga države je da poduzima mere podizanja svesti, definisanja odgovornosti, davanja podrške inovacijama i obezbeđivanja finansiranja.

LITERATURA

- [1] Svetska Nuklearna asocijacija (World Nuclear Association) 2024, Carbon Dioxide Emissions From Electricity, dokument dostupan na: <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity>
- [2] Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC) 2014, Climate Change - Synthesis Report Summary for Policymakers, dokument dostupan na: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf
- [3] Lamb, WF et al. 2021, A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018, Environ. Res. Lett. 16 073005, str. 5, dokument dostupan na: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abee4e/pdf>
- [4] Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC) 2021, Climate Change - The Physical Science Basis, Contribution to the Sixth Assessment Report of the IPCC, dokument dostupan na: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- [5] UNEP i Frankfurt School 2020, Global Trends in Renewable Energy Investment 2020, dokument dostupan na: https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf
- [6] Institut za istraživanje energije (IER) 2019, Levelized Cost of Electricity from Existing Generation Resource, dokument dostupan na: <https://www.instituteeforenergyresearch.org/the-grid/the-levelized-cost-of-electricity-from-existing-generation-resources/>

- [7] Međunarodna agencija za obnovljivu energiju (IRENA) 2022, Renewable Power Generation Costs in 2021, Abu Dhabi., dokument dostupan na: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Renewable_Power_Generation_Costs_2021.pdf
- [8] Mavrokefalidis, D 2021, 'Will low winds strike another heavy blow to energy prices?', Energy Live, dokument dostupan na: https://www.energylivenews.com/2021/10/11/will-low-winds-strike-another-heavy-blow-to-energy-prices/?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_i7c57pZyDV2kWSXS83EtLRiDEN0sHpEooKTmSaHuTMU-1635013338-0-gqNtZGzNAqWjcnBszQhl
- [9] Burrows, L 2021, 'Less wind due to climate change won't impact wind power generation in India and China', Harvard School of Engineering and Applied Sciences (SEAS), dokument dostupan na: <https://www.seas.harvard.edu/news/2021/03/less-wind-due-climate-change-wont-impact-wind-power-generation-india-and-china>
- [10] Joaquim, GP et al. 2018 'Future Changes of Wind Speed and Wind Energy Potentials, in EURO-CORDEX Ensemble Simulations', JGR Atmospheres, vol. 123/12
- [11] Karnauskas, KB, Lundquist, J i Southward, LZ 2017 Shift of the global wind energy resource under high carbon dioxide emissions, Nature geoscience, dokument dostupan na: <https://www.nature.com/articles/s41561-017-0029-9>
- [12] Stevens, P 2021, 'UK energy titan SSE says low wind, driest conditions in 70 years hit renewable generation', CNBS online, dokument dostupan na: <https://www.cnbc.com/2021/09/29/sse-says-low-wind-dry-conditions-hit-renewable-energy-generation.html>
- [13] Frangoul, A 2021, 'Low wind speeds hurt profits at two of Europe's major energy firms', CNBS online, dokument dostupan na: <https://www.cnbc.com/2021/08/12/low-wind-speeds-hurt-profits-at-two-of-europes-major-energy-firms.html>
- [14] Bernard, S 2021, 'Europe's electricity generation from wind blown off course', Financial Times, dokument dostupan na: <https://www.ft.com/content/d53b5843-dbe0-4724-8adf-75c66127ea80>
- [15] Mein, S 2020, 'Top 3 Types of Wind Turbine Failure', Firetrace International, dokument dostupan na: <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/wind-turbine-failure>

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE BUSINESS EFFICIENCY OF WIND FARMS

by

Post-Master's Specialist in Economics Adnan GUŠIĆ,
Energy economy expert, agusic.bh@gmail.com

dr.sc. Faruk SERDAREVIĆ B.Mech.Eng,
Energy sector expert, faruk.serdarevic@gmail.com

Summary

This paper examines the impact of climate change on the production and financial performance of wind farms, focusing on their sensitivity to meteorological extremes and adaptability. Climate change introduces uncertainty in the availability of wind, the resource that powers wind farms, and increases the risk of extreme events that can damage wind turbines, leading to higher capital and operational costs. The complexity of climate impacts, especially on a local level crucial for investors, complicates forecasting over the wind farm's entire lifespan.

The aim of the paper is to highlight the climate risk to wind farm operations, identify stakeholders who can provide risk mitigation measures, and propose protective measures for investors.

The conclusion emphasizes the importance of analyzing changes in wind speed and its distribution, especially for attractive locations with higher average speeds that are more vulnerable to climate extremes.

Keywords: wind farms, meteorological risks, climate risk adaptation measures