

## **Perspektiva korišćenja energije vetra u Srbiji**

### **Outlook of the use of wind energy in Serbia**

*Olivera Jovanović<sup>1\*</sup>, Zorica Baroš<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>Akademija tehničkih strukovnih studija, Odsek Beogradska politehnika, Beograd, Srbija /  
Academy of Technical Vocational Studies, Department of Belgrade Polytechnic, Belgrade, Serbia

\*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 03.11.2022, Rad prihvaćen / Accepted: 10.02.2023.

**Sažetak:** Sa ubrzanim razvojem civilizacije, ubrzanim razvojem tehnologije i industrije, ulaskom u 21. vek, postavljaju se veliki ciljevi vezani za održivi razvoj i dalji napredak civilizacije pri čemu se akcenat stavlja na smanjenje ili potpunu zamenu iskorišćavanja neobnovljivih izvora energije, korišćenjem alternativnih izvora energije. Ovakvom zamenom se dobija ne samo neograničena količina energije već se i smanjuje negativan uticaj na okolinu koji se upotrebom dosadašnjih izvora energije svakodnevno povećava, a čiji rezultat može imati globalno katastrofalne posledice.

U Srbiji se upotreba bilo koje vrste obnovljivih izvora minimalno ili uopšte ne koristi uprkos dobrom potencijalu za razvoj u ovom smeru. Izgradnja postrojenja za upotrebu obnovljive energije je skupa, ali bi se napredak ogledao i na ekonomskom planu, naročito za dugoročniji vremenski period.

Teritorija Srbije je vrlo specifična po svojoj geografskoj površini jer obuhvata planinski deo Srbije, ravnicu Vojvodine i ima veliki broj reka. Ovakav geografski položaj poseduje potencijal za korišćenje snage vetra. Najznačajniji vetrovi u Srbiji su košava, severac, moravac, južni vetar i jugozapadni vetar. Najznačajniji vetrovi u Vojvodini su košava, istočni, severozapadni, zapadni i severni vetar. Potencijal snage vetra je veliki zbog košave i severca koji su dva bitna faktora koji oblikuju klimu na našim prostorima. Košava je jugoistočni vetar koji duva sa Karpata, a na našim prostorima se oseća do Niša na jugu, Subotice na severu i Šida na zapadu. Prema do sada zabeleženim podacima, udari ovog vetra su najjači na ulazu u Đerdapsku klisuru. Donosi suvo i hladno vreme i ima veliki uticaj na zapadnu klimu. Na području Srbije prisutan je i vetar poznat kao severac. Reč je o hladnom vetru koji kod nas stiže sa severa iz Mađarske, pa duva preko Panonske nizije i Vojvodine.

Vetrogeneratori (vetroelektrane) su vrsta elektrana koje koriste energiju vetra. Vetrogeneratori se sastoje iz noseće konstrukcije u obliku stuba, vetroturbine, generatora električne energije, dela koji reguliše brzinu obrtanja generatora i izlazni napon vetrogeneratora i priključka na neki sistem za akumulisanje energije ili na električnu mrežu.

Srbija ima tehnički iskoristiv vetropotencijal u rasponu od 8 do 15 GW. U Srbiji postoje potencijalno pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora. To su istočni delovi Srbije – Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh, itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra preko 6 m/s. Ova oblast pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i u budućnosti bi se mogla izgraditi oko 2000 MW instalirane snage vetrogeneratora. Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinska područja gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora. Panonska nizija severno od Dunava, takođe je bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora jer je solidna putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično.

Srbija ima ukupno deset vetroparkova koji su priključeni na sistem proizvodnje električne energije („Kula“, „Devreč I“, „La Pičolina“, „Malibunar“, „Alibunar“, „Kitka“, „Kovačica“, „Košava I“, „Čibuk I“, „Plandište I“). Prvi park je izgrađen na Pešteru, u opštini Tutin, 2011. godine. Najveći vetropark je „Čibuk I“, nalazi se u mestu Mramorak kod Kovina, a kapacitet mu je 158 MW. Ukupna snaga svih vetroelektrana u Srbiji je 430 MW.

Trenutno stanje u zakonodavstvu u Srbiji je počelo da se razvija u pozitivnijem smeru. U proteklih par decenija su uvedeni ključni zakoni i nacrti zakona kojima se definiše i unapređuje održivi razvoj, zaštita životne sredine, kao i stvaranje bolje i „zelenije“ Srbije. Sve to ide u prilog korišćenja obnovljivih izvora energije, između ostalog i energije vetra.

**Ključne reči:** obnovljivi izvori energije, energija vetra, košava, severac, vetrogeneratori.

<sup>1</sup>[orcid.org/0000-0003-4459-0236](https://orcid.org/0000-0003-4459-0236), e-mail: [ojovanovic@atssb.edu.rs](mailto:ojovanovic@atssb.edu.rs)

<sup>2</sup>[orcid.org/0000-0001-6927-4972](https://orcid.org/0000-0001-6927-4972), e-mail: [zbaros@atssb.edu.rs](mailto:zbaros@atssb.edu.rs)

**Abstract:** *With the accelerated development of civilization, the fast development of technology and industry, following the entrance into the 21st century, large goals related to sustainable development and the further advancement of civilization are set, whereas the emphasis is on the reduction or the complete replacement of the exploitation of non-renewable energy sources with the use of alternative energy sources. This replacement achieves not only an unlimited amount of energy, but also reduces the negative impact on the environment which is being increased through the exploitation of current energy sources on a daily basis, the result of which can have catastrophic consequences on a global scale.*

In Serbia, the use of any kind of renewable energy sources is minimal or non-existent despite a good potential for development in this direction. The construction of facilities for the use of renewable energy is expensive, but progress would be reflected on the economy as well, especially in the long term.

The territory of Serbia is quite specific due to its geographical area because it encompasses the mountainous area of central Serbia, the plains of Vojvodina and has many rivers. This geographic location possesses the potential for the use of wind power. The most significant winds in Serbia are košava, severac (a type of north wind), moravac, the south wind and the southwest wind. The most important winds in Vojvodina are košava, the east wind, the northwest wind, the west and the north wind. The potential of wind power is large because of košava and severac which are two important factors that shape the climate of these parts. Košava is a south-eastern wind which blows from the Carpathian Mountains, and in Serbia reaches the cities of Niš in the south, Subotica in the north and Šid in the west. According to the data recorded so far, the gusts of this wind are the strongest at the entrance to the Djerdap gorge. It brings with it dry and cold weather and greatly influences the western climate. On the territory of Serbia, a wind known as severac is also present. It is a cold wind that reaches Serbia from Hungary in the north and blows across the Pannonian basin and Vojvodina.

Wind generators (wind farms) are a type of power plants that use wind energy. Wind generators are comprised of a pillar-shaped supporting construction, a wind turbine, an electrical energy generator, a part that regulates the generator spinning speed and the wind generator output voltage and the connection to an energy storage system or to the electrical network. Serbia has technically useable wind potential of a range between 8 and 15 GW. In Serbia, there are potentially convenient locations for the construction of wind generators. These are the eastern parts of Serbia – Stara Planina (the Balkan Mountains), Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh, etc. In these regions, there are locations whose average wind speed is over 6m/s. This area covers around 2000 km<sup>2</sup> and in future, around 2000 MW of installed wind generator power can be constructed here. Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare are mountainous areas where measurements might determine the suitable locations for the construction of wind generators. The Pannonian basin north of the Danube is also rich in wind. This area covers around 2000 km<sup>2</sup> and is suitable for the construction of wind generators because the road infrastructure is solid, an electric network exists, large centres of electricity consumption are nearby and similar.

Serbia has a total of ten wind farms which are connected to the electricity generation system ("Kula", "Devreč I", "La Pičolina", "Malibunar", "Alibunar", "Kitka", "Kovačica", "Košava I", "Čibuk I", "Plandište I"). The first park was constructed on the Pešter plateau, in the municipality of Tutin in 2011. The largest wind farm "Čibuk I" is located in the village of Mramorak near the town of Kovin, and its capacity is 158 MW. The total power of all the wind farms in Serbia is 430 MW.

The legislation in Serbia is currently being developed in a more positive direction. In the past couple of decades, key laws and draft laws which define and develop sustainable development, environmental protection, as well as the creation of a better and "greener" Serbia. All this goes in favour of using renewable energy sources, among them wind energy.

**Keywords:** renewable energy sources, wind energy, kosava, severac, wind generators.

## UVOD / INTRODUCTION

Sa ubrzanim razvojem civilizacije, ubrzanim razvojem tehnologije i industrije, ulaskom u 21. vek, postavljaju se veliki ciljevi vezani za održivi razvoj i dalji napredak civilizacije pri čemu se akcenat stavlja na smanjenje ili potpunu zamenu iskorišćavanja neobnovljivih izvora energije, korišćenjem alternativnih izvora energije. Ovakvom zamenom se dobija ne samo neograničena količina energije već se i smanjuje negativan uticaj na okolinu koji se upotrebom dosadašnjih izvora energije svakodnevno povećava, a čiji rezultat može imati globalno katastrofalne posledice. Upotreba obnovljivih izvora energije nije nimalo nov pojam, jer su ljudi vekovima unazad koristili neki oblik ove energije. Snaga vetra se koristila za pokretanje vetrenjača, pri čemu se kinetička energija vetra pretvarala u mehaničku koja

se direktno koristila za pumpanje vode ili za mlevenje brašna. Na sličan način se koristila i energije vode u vodenicama.

Obnovljivi izvori energije su: energija sunca, energija vetra, energija vode, geotermalna energija, bioenergija, biomasa i biogas.

Važan aspekt obnovljivih izvora energije predstavlja i njihov neznatan uticaj na životnu sredinu, njihova modularna priroda i niska cena održavanja, tako da mnogi od njih postaju ekonomski konkurentni konvencionalnim tehnologijama proizvodnje energije, odnosno sve većim cenama konvencionalnih goriva. Ovaj aspekt je veoma važan i pri razmatranju energetske situacije u Srbiji (Jovanović i dr., 2012)

Prema podacima datim od strane Internacionalne Energetske Agencije, solarni generatori bi mogli da proizvode većinu električne energije u

narednih 50 godina u svetu, smanjujući emisiju gasova staklene bašte. Tehnologije koje koriste obnovljive izvore energije postaju jeftinije zbog tehnološkog napretka, zbog pogodnosti masovne proizvodnje i marketinškog nadmetanja. Izveštaj Internacionalne Energetske Agencije iz 2011. navodi da portfolio tehnologija koje koriste obnovljive izvore energije postaje konkurentan u ceni u sve širem opsegu okolnosti, u nekim slučajevima stvara investicione mogućnosti bez potrebe konkretne ekonomske podrške i da će se smanjenje cena u skupim tehnologijama tek nastaviti.

Hidroelektrane i geotermalni izvori električne energije koji se nalaze na povoljnim lokacijama su za sada najjeftiniji način produkcije električne energije. Cene obnovljive energije nastavljaju da opadaju i u tehnologijama produkcije energije uz pomoć vetra, solarne energije i nekih tehnologija biomase. Obnovljive tehnologije su sada često najekonomičnije rešenje za nove proizvodne kapacitete.

Projektno finansiranje obnovljivih izvora energije, odnosi se na finansiranje izgradnje objekata / postrojenja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora koji su predmet priključenja na elektrodistributivnu mrežu u cilju prodaje električne energije, što je predviđeno postojećim zakonom o energetici, kao i posebnim uredbama (Barjaktarović, 2013).

Sunčeva energija se tehničkim sredstvima jednostavno transformiše direktno u toplotu i direktno ili indirektno u električnu energiju, čime je omogućena primena u svim energetskim procesima (Jovanović i dr., 2013).

Budući da je procenjena totalna količina geotermalne energije koja bi se mogla iskoristiti znatno veća nego sveukupna količina energetskih izvora baziranih na uglju, nafti i prirodnom gasu, trebalo bi geotermalnoj energiji pridati veću važnost. Naročito ako se uzme u obzir da je reč o jeftinom, obnovljivom izvoru energije i još uz to ekološki prihvatljivom (Jovanović i dr., 2013a).

Velika prednost biomase, kao energetskog goriva u odnosu na postojeća fosilna goriva je njegova obnovljivost. Šumsko područje opštine Majdanpek generiše velike količine biomase koja se do sada nije koristila. Malim ulaganjima u održiva goriva, mogu se na ekološki čist način rešiti problemi otpadne biomase i problemi energetskog goriva u opštini Majdanpek (Štrbac i dr., 2013). Sagorevanjem pšenične i sojine slame ne doprinosi se emisiji SO<sub>2</sub> jer je količina sumpora u slami veoma mala. Takođe, prisustvo azotnih oksida je veoma nisko. Emisija ugljen-dioksida je neutralna zato što se pri sagorevanju biomase emituje onoliko ugljen-

dioksida koliko biljka veže procesom fotosinteze u toku rasta (Igić i dr., 2013).

Proizvodnjom i primenom biodizela u savremenom svetskom okruženju, na konkretan način se potvrđuje i opravdanost koncepcije održivog razvoja i potvrđuje stav da se tradicionalno ekonomsko trojstvo: profit, moć i prestiž zamenjuje novim: efikasnost, ekonomičnost i ekologija te da između ekologije i ekonomije ne postoji sukob, već zajednički ekonomsko-ekološki čin koji treba ostvariti, a to je obezbeđivanje održivog razvoja savremenog društva (Premović, Milićević, 2015).

U Srbiji se upotreba bilo koje vrste navedenih obnovljivih izvora minimalno ili uopšte ne koristi uprkos dobrom potencijalu za razvoj u ovom smeru. Izgradnja postrojenja za upotrebu obnovljive energije je skupa ali bi se napredak ogledao i na ekonomskom planu, naročito za dugoročniji vremenski period. Ekonomska dobit bi se ogledala u smanjenju uvoza fosilnih goriva, otvaranju novih radnih mesta, razvojem lokalne industrije i novčanim rasterećenjem pojedinačnih domaćinstava. Najveći potencijal kod nas imaju energija vetra, sunčeva energija, pa čak i geotermalni izvori.

Teritorija Srbije je vrlo specifična po svojoj geografskoj površini jer obuhvata planinski deo Srbije, ravnicu Vojvodine i ima veliki broj reka. Ovakav geografski položaj poseduje potencijal za korišćenje sunčeve energije, snage vode, snage vetra i geotermalnih izvora. Sakupljanje solarne energije bi bilo povoljno u dužem vremenskom periodu u toku jedne godine zbog odgovarajuće količine osunčanih dana u godini. Sa druge strane potencijal snage vetra je veliki zbog košave i severca koji su dva bitna faktora koji oblikuju klimu na našim prostorima.

#### *Obnovljivi izvori energije / Renewable resources*

S obzirom da se danas još uvek kao glavni izvori energije koriste neobnovljivi izvori, kao što su fosilna goriva, ugalj, nafta i sl. njihova priroda je poprilično poznata svima zbog svakodnevne primene i velike dostupnosti. Nasuprot neobnovljivim izvorima energije, postoje obnovljivi izvori energije koji se još nazivaju i alternativni izvori jer predstavljaju alternativnu opciju upotrebe i zamenu tradicionalnih oblika izvora energije tj. neobnovljivih izvora. Obnovljivi izvori energije su bukvalno deo fizičke strukture planete pri čemu se samostalno obnavljaju kao deo normalnih procesa prirode. Oni poseduju povoljniju primenu u odnosu na neobnovljive izvore energije, ali to ne znači da su potpuno bezopasni za okolinu. Na primer, brane koriste snagu vode za stvaranje električne energije, ali su istovremeno pretnja ribama i domaćim životinjama. Turbine vetrenjača koriste

snagu vetra za proizvodnju čiste energije, ali postoji određeni negativan uticaj na životnu sredinu.

Većina obnovljivih izvora energije na određen način zavisi od sunčeve energije. Vetar i energija vode su direktan uzrok različitih temperatura na planeti koje su direktna posledica sunčeve energije, pri čemu dolazi do kretanja vazduha, stvaranja vetra i formiranja oblaka kao uzročnika padavina na planeti. Energija koju poseduje biomasa je u stvari sunčeva energija koja se skladišti u biljkama. Geotermalna energija je sa druge strane oblik obnovljive energije koji ne zavisi od sunčeve energije već je posledica radioaktivnih raspada u kori Zemlje, u kombinaciji sa toplotnom energijom, koju poseduje Zemlja i sa gravitacionom energijom. Klimatske promene i problemi globalnog zagrevanje, zajedno sa visokim cenama nafte vrhuncom iskorišćavanja neobnovljivih izvora energije vodi ka širenju zakonodavstva o obnovljivoj energiji, podsticaja i komercijalizacije za njihovom upotrebom. Regulatorna, politika i sva veća ulaganja od strane svetskih vladajućih i državnih organizacija za upotrebu obnovljivih izvora energije je do sada pomogla u kontrolisanju svetske ekonomske krize mnogo više u odnosu na druge sektore.

## 1. MATERIJALI I METODE / MATERIALS AND METHODS

### *Energija vetra / Wind energy*

Vetar predstavlja protok vazduha u velikoj razmeri. Na površini Zemlje vetar čini veće kretanje vazduha. U svemiru, solarni vetar je kretanje gasova ili čestica kroz prostor, dok je planetarni vetar gašenje lakih hemijskih elemenata iz atmosfere planete u svemir. Vetrovi se obično klasifikuju po svojoj prostornoj skali, brzini, vrstama sila koje ih uzrokuju, regionima u kojima se pojavljuju i njihovom efektu. Najsnažniji vetrovi na planeti u Solarnom sistemu pojavljuju se na Neptunu i Saturnu. Vetrovi imaju različite aspekte, a važniji aspekt je brzina vetra, drugi aspekt je gustina uključenih gasova, zatim njihov energetski sadržaj ili energija vetra.

U meteorologiji, vetrovi često dobijaju nazive po svojoj snazi i pravcu od kojeg vetar potiče. Kratki, eksplozivni brzi vetrovi se nazivaju jarke. Jaki vetrovi srednjeg trajanja, oko jednog minuta, nazivaju se oštrice. Dugotrajni vetrovi imaju različita imena povezana sa njihovom srednjom snagom, kao što su uragan i oluja. Vetar se odvija na različitim skalama intenziteta, od jakih oluja u trajanju do nekoliko desetina minuta, do lokalnih vetrova nastalih zagrevanjem površine zemlje u trajanju od nekoliko sati, do svetskih vetrova koji su rezultat razlike u apsorpciji solarne energije između klimatskih zona na Zemlji. Dva glavna uzroka cirkulacije velikih razmera su

diferencijalno grejanje između ekvatora i polova i rotacija planete. U tropskim područjima termička niska tiraža preko terena i visokih platoa može dovesti do monsunskih cirkulacija. U obalnim područjima ciklus morskog vetra, kopnenog povetarca može definisati lokalne vetrove, u područjima koja imaju varijabilni karakter, gorski i dolinski vetrovi mogu dominirati među lokalnim vetrovima.

U ljudskoj civilizaciji, koncept vetra je istražen u mitologiji, uticao je na događaje istorije, proširio obim transporta, ratovanja i obezbedio izvor energije za mehanički rad, struju i rekreaciju. Snaga vetra je obezbedila prvo putovanje brodova preko okeana. Vazdušni baloni koriste vetar za kratke izlete, a avioni ga koriste za podizanje i smanjenje potrošnje goriva. Oblasti jake vibracije vetra uzrokovane različitim vremenskim fenomenima mogu dovesti do opasnih situacija za avione. Kada vetrovi postanu snažni, drveće i različite strukture se oštećuju ili uništavaju.

Vetrovi mogu oblikovati zemljišta, kroz različite eolske procese, kao što je formiranje plodnog tla. Pesak iz velikih pustinja može se pomeriti na velike udaljenosti od izvornog regiona putem vetra, vetrovi koji su ubrzani grubom topografijom i povezani s izbijanjem prašine dobijali su regionalna imena u različitim delovima sveta zbog njihovih značajnih uticaja na te regije. Vetar takođe utiče na širenje požara. Vetrovi mogu raspršiti seme iz različitih biljaka, omogućavajući opstanak i rasipanje tih biljnih vrsta, kao i letećih populacija insekata. U kombinaciji sa hladnim temperaturama, vetar negativno utiče na stoku, zatim na zalihe hrane za životinje, kao i na njihove lovačke i odbrambene strategije.

Vetar je uzrokovan razlikama u atmosferskom pritisku. Kada postoji razlika u atmosferskom pritisku, vazduh se kreće od višeg ka nižem pritisku, što dovodi do vetra različitih brzina. Na globalnom nivou, dva glavna pokretačka faktora obima vetra velikih razmera (atmosferska cirkulacija) su diferencijalno grejanje između ekvatora i polova (razlika u apsorpciji sunčeve energije koja dovodi do sile oscilacija) i rotacije planete. U blizini površine Zemlje, neravne površine trenjem uzrokuju sporiju brzinu vetra. Površinsko trenje takođe uzrokuje da vetrovi udare u unutrašnjost i područja sa niskim pritiskom.

Vetrovi definisani ravnotežom fizičkih sila koriste se u razgradnji i analizi profila vetra. Oni su korisni za pojednostavljivanje atmosferskih jednačina kretanja i za izradu kvalitativnih argumenata o horizontalnoj i vertikalnoj raspodeli vetrova.

### *Vrste vetrova / Types of winds*

Obzirom na to da zemljina površina nije idealno ravna, pravac, brzina i jačina vetra se menjaju. Oni

zavise od raznih faktora: reljefa, vegetacije, različitih objekata koji se nađu na putu kretanja vazduha. U odnosu na vreme duvanja i prostor koji je obuhvaćen cirkulacijom vazduha, vetrovi se dele na: stalne, periodične i lokalne.

Stalni vetrovi nastaju kao posledica opšte cirkulacije atmosfere i duvaju tokom cele godine, iz oblasti stalnih anticiklona ka oblastima stalnih ciklona. Pod uticajem Koriolisove sile, s obzirom da prelaze velika rastojanja prema geografskoj širini, oni skreću sa očekivane putanje.

Dele se još i na: pasate, antipasate, zapadne i istočne (polarne) vetrove. Pasati duvaju od povernika ka ekvatoru, a zbog rotacije Zemlje na severnoj hemisferi duvaju iz pravca severoistoka, a na južnoj hemisferi iz pravca jugoistoka. Duvaju u prizemnim slojevima atmosfere. Antipasati duvaju na većim visinama od pasata, u suprotnom smeru od ekvatora ka povernicima. Zapadni vetrovi duvaju od povernika ka polarnicima, a zbog Zemljine rotacije, pravac duvanja na severnoj hemisferi je jugozapad-severoistok, a na južnoj hemisferi severozapad-jugoistok. Istočni vetrovi imaju suprotan smer duvanja od zapadnih vetrova, od polarnika ka povernicima. Na severnoj hemisferi pravac njihovog duvanja je severoistok-jugozapad, a na južnoj jugoistok-severozapad.

Periodični vetrovi duvaju u određenom periodu godine kao posledica sezonskih promena vazdušnog pritiska iznad pojedinih delova Zemljine površine. U periodične vetrove spadaju monsun i dnevni vetrovi. Dnevni vetrovi nastaju kao posledica razlike u zagrevanju manjih delova Zemljine površine u toku dana, odnosno tokom obdаницe i noći. Dnevni vetrovi su danik i noćnik (nastaju na kontaktu kopna i mora) i dolinski i gorski vetar (nastaju između planine i doline uz nju). Lokalni vetrovi su oni vetrovi koji duvaju u pojedinim oblastima i karakteristični su samo za tu oblast. To su: košava, fen, bura, jugo, vardarac i tornado.

#### *Tipovi vetrova u Srbiji / Types of winds in Serbia*

Najznačajniji vetrovi u Srbiji su: košava, severac, moravac, južni vetar i jugozapadni vetar. Košava je hladan i suv vetar karakterističan za sever Srbije. Severac je hladan i suv severni vetar. Reč je o hladnom vetru koji kod nas stiže sa severa iz Mađarske, pa duva preko Panonske nizije i Vojvodine. Moravac je hladan i suv vetar koji dolazi sa severa i duva dolinom Morave. Južni vetar je topao i suv, duva sa juga dolinom Morave. Jugozapadni vetar je topao i vlažan, dolazi sa Jadrana i dopire do zapadne Srbije.

Najznačajniji vetrovi u Vojvodini su: košava, istočni, severozapadni, zapadni i severni vetar.

Košava je jugoistočni vetar koji duva sa Karpata. Donosi suvo i hladno vreme i ima veliki uticaj na zapadnu klimu. Najčešće duva tokom jeseni i zime. Obično duva tri, sedam ili dvadeset jedan dan. Udari vetra mogu da dostižu brzinu i do 130 km/h mada se prosečna brzina vetra kreće između 25 i 45 km/h. Prema do sada zabeleženim podacima, udari ovog vetra su najjači na ulazu u Đerdapsku klisuru. Iako se najčešće javlja u jesenjim i zimskim mesecima, „topla košava“ je zabeležena tokom letnjih meseci (<http://hidmet.gov.rs>).

#### *Vetroelektrane / Wind power plants*

Vetrogeneratori (vetroelektrane ili aroelektrane) su vrsta elektrana koje koriste energiju vetra. Vetrogeneratori se sastoje iz noseće konstrukcije u obliku stuba, vetroturbine, generatora električne energije, dela koji reguliše brzinu obrtanja generatora i izlazni napon vetrogeneratora i priključka na neki sistem za akumulisanje energije ili na električnu mrežu. Po otkriću elektromotora i električnog generatora u 19. veku, počeli su eksperimenti sa proizvodnjom električne energije. Prvi modeli vetrogeneratora su bili malo više od vetrenjača sa dodatnim električnim generatorom, koji je pretvarao mehaničku energiju u električnu.

U Evropi elektrifikacija je svuda bila centralizovana na državnom nivou i vetrogeneratori su postojali samo kao eksperimenti do 1973. godine. Posle naftne krize 1973, a pogotovo posle 2000, razvoj se sve više ubrzava. Cena energije iz vetrogeneratora polako pada, a cena energije iz klasičnih neobnovljivih izvora energije raste. Sve ovo je doprinelo da je količina električne energije proizvedene iz vetrogeneratora porasla 5 puta u periodu od 2000. do 2007. godine.

#### *Uslovi za proizvodnju električne energije snagom vetra / Conditions for electricity generation through wind power*

Za proizvodnju električne energije iz vetra su potrebni vetrogeneratori čiji su osnovni delovi elise, prenosni mehanizam, elektrogenerator, nosač i strujni transformator neophodan za priključenje na elektrodistributivnu mrežu. Prečnik rotora može biti do 120 m, dok je težina jedne elise do 20 tona, a visina pruge sa vetrogeneratorom do 130 m. Kompletan vetrogenerator može težiti oko 200 tona. Da bi se proverilo da li na određenom mestu postoje uslovi za postavljanje vetrogeneratora, prvo je potrebno meriti brzinu vetra, a ona zavisi od karakteristika terena, objekata na tlu i njihovih visina. Ako vetar duva brzinom od 3 m/s do 25 m/s prvi uslov je zadovoljen. Ipak treba imati u vidu da vetar treba da duva 2800 sati godišnje sa prosečnom brzinom od preko 6 m/s (jedna godina ima 8760 sati), da bi se

određena lokacija uzela u obzir za izgradnju vetroparka. Veoma je važno da investitor bude upoznat sa neophodnošću kontinuiranog merenja brzine vetra u vremenskom rasponu od bar godinu dana, jer je samo tako moguće precizno proceniti koliko će se električne energije proizvesti na posmatranom mestu.

## 2. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

### Energija vetra u Srbiji / Wind energy in Serbia

Srbija ima tehnički iskoristiv vetropotencijal u rasponu od 8 do 15 GW što je znatno više od našeg trenutnog deficita u električnoj energiji. Uzimajući u obzir stalan rast potrošnje električne energije, dolazimo do zaključka da u Srbiji postoji dosta potreba za ugradnjom vetrogeneratora. Uz to, najveća potrošnja električne energije u Srbiji je u zimskom periodu, a to je upravo period kada se ostvaruje najveća proizvodnja električne energije pomoću vetrogeneratora, jer vetrovi zimi duvaju većim intenzitetom.

U Srbiji postoje potencijalno pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora. To su istočni delovi Srbije – Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh, itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra preko 6 m/s. Ova oblast pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i u budućnosti bi se moglo izgraditi oko 2000 MW instalirane snage vetrogeneratora. Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinska područja gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora. Panonska nizija severno od Dunava, takođe je bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2000 km<sup>2</sup> i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora jer je solidna putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično. U perspektivi bi se u ovoj oblasti moglo instalirati oko 1500 do 2000 MW vetrogeneratorskih postrojenja. Kupovinom i montažom od 2000 do 3000 vetrogeneratora prosečne snage 1 MW, uz uslov da je naša tehnički iskoristiva vetropotencija veća od 3 MW, dosta bi se poboljšala situacija sa proizvodnjom električne energije. Ako se uzme u obzir i rast i potreba za električnom energijom proporcionalno pretpostavljenom privrednom rastu, dolazi do imperativnog zahteva za aktiviranje vetropotencijala.

### *Perspektiva vetroparkova u Srbiji / Potential of wind farms in Serbia*

Srbija ima ukupno deset vetroparkova koji su priključeni na sistem proizvodnje električne energije („Devreč I“, „Kula“, „La Pičolina“, „Malibunar“, „Alibunar“, „Kitka“, „Kovačica“, „Košava“, „Čibuk I“, „Plan-dište I“). Prvi park je izgrađen na Pešteru u opštini

Tutin 2011. godine. Najveći vetropark je „Čibuk I“, nalazi se u mestu Mramorak kod Kovina, a kapacitet mu je 158 MW. Ukupna snaga svih vetroelektrana u Srbiji je 430 MW.

Poznato je da u Srbiji postoje lokaliteti sa potencijalima pogodnim za korišćenje energije vetra. To se posebno odnosi na oblasti u istočnoj Srbiji. Vetroelektrane imaju kratak period izgradnje, sezonska vršna proizvodnja poklapa se sa sezonskom vršnom potrošnjom struje, a narušavanje životne sredine je minimalno u poređenju sa drugim energetske objektima i tehnologijama. Energija vetra se pokazuje kao najozbiljniji obnovljiv izvor energije pri dostignutom razvoju tehnologije. Osnovni razlozi za to su: neizmerna količina energije, mogućnost pretvaranja u električnu energiju pomoću vetrogeneratora, pada cena vetrogeneratora i prateće opreme srazmerno sve većoj upotrebi energije vetra, ekološko potpuno čist način pretvaranja energije, te mala zauzetost zemljišta (Vuković i dr., 2013).

Među karakteristikama koje izdvajaju istočnu Srbiju kao povoljan region, u pogledu mogućnosti korišćenja energije vetra, ističu se: dobar potencijal vetra, pristupačnost terena i niski troškovi izgradnje vetroelektrana, niski transportni troškovi vetroturbina iz zemalja Evropske unije, relativno dobro razvijena prenosna elektroenergetska mreža, te dobar potencijal ostalih OIE (biomasa, solarna, geotermalna energija), što omogućava gradnju hibridnih sistema.

Razvoj vetroelektrana imaće uticaj i na učvršćenje ideje održivog razvoja opština, kao i čitavog kraja u kome se vetroelektrana gradi. Pozitivan primer OIE, koji bi sa sobom povukao održivi socio-ekonomski razvoj, mogao bi da posluži kao podstrek mnogim gradovima u zemlji (Vuković i dr. 2013)

### *Analiza uticaja transformacije energije vetra na životnu sredinu / Analysis of the influence of wind energy transformation onto the environment*

Konverzijom energije vetra u druge korisne oblike korišćenjem vetrogeneratora (VG) i prateće infrastrukture, dolazi do pojave nekih negativnih efekata po životnu sredinu. Ovi efekti mogu da se podele na one koji nastaju pri njihovoj proizvodnji, normalnom radu, mogućim kvarovima sistema kao i pri odlaganju na kraju životnog ciklusa. Ne postoji direktna emisija toksičnih supstanci u toku normalnog rada VG, ali ipak postoji uticaj na životnu sredinu u toku rada konvertora.

Glavni negativni efekti su:

*Buka* - usled rotacije rotora VG predstavljaju izvor buke. Zvuk primarno izaziva aerodinamička buka lopatica, rad generatora i kućišta. Da bi se dobila dozvola za izgradnju VG moraju da se poštuju

granične vrednosti buke, odgovarajućim zakonskim aktima.

*Infrazvuk* - Konvertori uglavnom emituju aerodinamički infrazvuk u rasponu frekvencija od 0.6 do 1.5 Hz. Sa udaljenosti od 120 m od konvertora snage 500 kW, izmereni infrazvuk je iznosio 75 do 85 dB. Na udaljenosti 300 m nivo infrazvuka je smanjen na 67 do 77 dB. Ukoliko se poštuju propisi na dozvoljeni nivo buke pri izgradnji VG, neće biti neželjenog uticaja na ljude, dok je uticaj na životinje vrlo mali.

*Refleksija* - U periodima visokih nivoa direktnog sunčevog zračenja, postoji mogućnost refleksije sunčevih zraka sa lopaticama rotora. Refleksija može da se smanji izborom niskoreflektujućih materijala za izradu lopatica rotora.

*Uticaj senke* - Odnosi se na senku koju proizvode lopatice rotora u sunčanim periodima. Uticaj senke zavisi između ostalog od klime, visine Sunca, veličine konvertora i načina rada.

*Pojava grada* - Usled vremenskih nepogoda kao što je pojava leda, tj. grada prilikom rada VG može doći do otkidanja i lomljenja lopatica. Rizik od grada zavisi od meteoroloških uslova na određenoj lokaciji.

*Uticaj na pejzaž* - VG su tehnički objekti koji menjaju izgled prirode. To je najuočljivije u ravninama. Međutim ovi efekti mogu da se ublaže korišćenjem odgovarajuće boje, adekvatnog dizajna tornja, prilagođavanjem broja lopatica i brzine obrtanja.

*Efekat na ptice* - Rad VG može da dovede do smetnje u ishrani i odmoru ptica. Takođe utiče na sposobnost letenja, migraciju i moguću pojavu sudara sa VG. Negativni efekti na ptice mogu da se ublaže ukoliko se izbegne postavljanje VG u njihovim staništima.

*Efekti na faunu* - Ovi efekti još nisu u potpunosti istraženi. Prijavljuje se svaki potencijalno negativan uticaj na divlje životinje, dok efekat na migracije insekata nije proučen. Potencijalni negativan efekat na faunu je veoma mali.

*Zauzimanje prostora* - Direktno zauzeće prostora odnosi se na postavljanje temelja, pristupnih puteva i administrativnih zgrada. Slobodne površine između VG mogu da se koriste za poljoprivredu.

*Odlaganje na kraju životnog ciklusa* - Većina komponenti VG može da se reciklira (Brkić i dr, 2012).

## ZAKLJUČAK / CONCLUSION

U proizvodnji električne energije nijedan izvor energije nije imao tako dinamičnu ekspanziju u poslednjih dvadeset godina, kao što je energija vetra. Konkurentnost im se značajno povećava naro-

čito kada se uporedno utvrdi uticaj na životnu sredinu. U narednom periodu možemo očekivati da će energija vetra kao najznačajniji obnovljivi izvor imati značajan položaj u ukupnom energetske bilansu. Za Srbiju je primena obnovljivih izvora energije glavni cilj oko kojeg se okupljaju strateški energetski razvoj, političari i stručnjaci. Pri sadašnjem konstantnom deficitu električne energije najbrži put u praćenju energetske potrošnje je štednja i izgradnja postrojenja za eksploataciju obnovljivih izvora energije.

Energetski deficit i neminovnost korišćenja ekološki čistih izvora energije, kao i uvođenje subvencionisanih cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora će nas primorati da započnemo investirati u razvoj i eksploataciju vetra.

Trenutno stanje u zakonodavstvu u Srbiji je počelo da se razvija u pozitivnijem smeru. U proteklih par decenija su uvedeni ključni zakoni i nacrti zakona kojima se definiše i unapređuje zemlja, održivi razvoji uopšteno, zaštita životne sredine, kao i stvaranje bolje i „zelenije“ Srbije. Vršiti se implementacija određenih pravila, strategija, dopuna navedenih zakona kao i uvođenje novih zakona, vrši se ispunjavanje međunarodnih obaveza, prave se odgovarajući planovi i akcije i to sve u skladu sa zahtevima Evropske Unije, koji potpomažu u razvoju države i stvaranju odgovarajuće osnove za proširenje oblasti primene obnovljivih izvora energije.

Iako je Srbija još uvek zemlja u razvoju, veliki potencijal u iskorišćenju svih vrsta obnovljivih izvora energije bi mogla da donese ozbiljan napredak u razvoju. Kao što je navedeno, trenutno se odvija izgradnja ozbiljnih projekata za eksploataciju energije vetra, čiji će se rezultati videti u narednom periodu.

Ozbiljna prednost koju trenutno posedujemo je već stečeno znanje u oblasti korišćenja obnovljivih izvora energije, čiji se napredak menja u pozitivnom smeru na globalnom nivou iz dana u dan. Sa dugom istorijom upotrebe obnovljivih izvora energije dolaze i prednosti prilikom boljeg izbora korišćenja ovih vrsta energije. Do sada je uloženi veliki trud za napretkom u smeru zaštite životne sredine i stvaranja bolje i čistije Srbije, ali i dalje postoji veliki broj pitanja koja se trebaju rešavati i koja u dugoročnijem periodu mogu stvoriti posledice. Ozbiljniji trud tek treba uložiti i napredak će se videti u narednim godinama.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Barjaktarović, M. (2013), Međunarodni fondovi u funkciji finansiranja projekata obnovljivih izvora energije u Srbiji, *Ecologica*, 20 (69), 51-55.

- [2] Brkić, D., Jovanović, O., Radosavljević, D., Petrović, J., Stamenović, M. (2012), Potencijal energije vetra u Srbiji, Zbornik radova, 7. Simpozijum *Reciklažne tehnologije i održivi razvoj*, Soko Banja, 539-549.
- [3] Igić, S., Jovanović, Đ., Antonović, D., Matavulj, M. (2013), Energetski i ekološki aspekti upotrebe pšenične i sojine slame, *Ecologica*, 20 (70), 218-223.
- [4] Jovanović, O., Žarković, D., Baltić, J. (2013a), Mogućnost korišćenja geotermalnih izvora u Srbiji, *Ecologica*, 20( 72),731-735.
- [5] Jovanović, O., Stamenović, M., Petrović, J., Dimić, I. (2012), Mogućnost korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji, *Ecologica*, 19 (67), 535-540.
- [6] Jovanović, O., Žarković, D., Romčević, J. (2013), Potencijal sunčeve energije u Srbiji, *Ecologica*, 20 (70), 261-265.
- [7] Premović, T., Milićević, Z. (2015), Primena biodizela u cilju zaštite životne sredine i održivog razvoja, *Ecologica*, 22(79), 524-527.
- [8] Štrbac, N., Vuković, M., Živković, D., Sokić, M., Pavlović, T. (2013), Biomasa kao značajan obnovljivi izvor energije (OIE) na području Opštine Majdanpek, *Ecologica*, 20 (70), 225-229.
- [9] Vuković, M., Štrbac, N., Voza, D., Damnjanović, Z., Petrović, A. (2013), Mogućnosti za korišćenje energije vetra u pograničju istočne Srbije, *Ecologica*, 20 (72), 632-636.
- [10] <http://hidmet.gov.rs>