

# Lokacije za VE u Hrvatskoj

---

Laslo, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:330875>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-15**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEK**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH**  
**TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Stručni studij**

**LOKACIJE ZA VJETROELEKTRANE U REBUBLICI**  
**HRVATSKOJ**

**Završni rad**

**Vedran Laslo**

**Osijek, 2022.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 28.09.2022.

**Odboru za završne i diplomske ispite****Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Vedran Laslo
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	A 4598, 25.07.2019.
<b>OIB Pristupnika:</b>	64921883263
<b>Mentor:</b>	Zorislav Kraus, dipl. ing.
<b>Sumentor:</b>	,
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Dr. sc. Željko Špoljarić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Zorislav Kraus, dipl. ing.
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Naslov završnog rada:</b>	Lokacije za VE u Hrvatskoj
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada</b>	-istražiti dostupne alate i načine određivanja povoljnih vjetrolokacija na području RH (alati, tablice...) -usporediti povoljne lokacije sa lokacijama već izgrađenih VE u RH -grubi proračun moguće proizvedene energije na neiskorištenim povoljnim vjetrolokacijama
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	28.09.2022.

Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:

*Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.*

Datum: 24.10.2022.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 24.10.2022.

**Ime i prezime studenta:**

Vedran Laslo

**Studij:**

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

A 4598, 25.07.2019.

**Turnitin podudaranje [%]:**

9

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Lokacije za VE u Hrvatskoj**

izrađen pod vodstvom mentora Zorislav Kraus, dipl. ing.

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PARAMETRI ZA IZBOR VJETROLOKACIJE</b> .....	2
2.1. Ovisnost brzine vjetra o visini .....	2
2.2. Snaga vjetra .....	4
2.3. Temperatura zraka .....	5
2.4. Ruža vjetrova .....	6
2.5. Mehanika vjetra ovisno o lokaciji .....	9
2.6. Poboljšanje vjetroturbine .....	13
<b>3. VJETROELEKTRANE SVIJETA U USPOREDBI S HRVATSKOM</b> .....	14
3.1. Vjetroelevtrane svijeta .....	14
3.2. Vjetroturbine svijeta .....	16
3.3. Vjetroelevtrane u Hrvatskoj .....	16
<b>4. POTENCIJALNE LOKACIJE</b> .....	18
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	24
<b>LITERATURA</b> .....	25
<b>SAŽETAK</b> .....	29
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	30

## 1. UVOD

Vjetar kao izvor energije koristi se već tisućama godina. Po svojoj prirodi je obnovljivi izvor energije. Nastaje kao posljedica sunčeva zračenja, tj. zbog nejednolikog zagrijavanja atmosfere dolazi do promjena u temperaturi zraka te zbog promjene u temperaturi zraka nastanu i različiti tlakovi, koji se pod tim utjecajem nastoje izjednačiti i tada dolazi do protoka zraka koji nazivamo vjetar. Sva obnovljiva energija, osim geotermalne (osim ako izuzmemo mogućnost da je zemlja nastala odvajanjem od Sunca), dolazi od energije Sunca. Solarna konstanta pri srednjoj udaljenosti od Zemlje do Sunca iznosi  $1367,7 \text{ W/m}^2 \pm 6 \text{ W/m}^2$ . Tako, za cijelu Zemlju, koja ima presjek od  $127\,400\,000 \text{ km}^2$ , ukupna snaga koju Zemlja primi od Sunca iznosi  $1,74 \cdot 10^{17} \text{ W} \pm 3,5 \%$ . Svega 1 – 2 % energije Sunca koja dolazi na Zemlju pretvara se u energiju vjetra.[1] To bi otprilike bilo jednako 50 do 100 puta više energije biljaka na Zemlji koje bi bile pretvorene u biomasu. Jedno od najbitnijih karakteristika vjetra je njegova varijabilnost, točnije promjenjivost u brzini i smjeru. Jako je varijabilna pojava kako prostorno tako i vremenski. Pod prostorno mislimo na geografske varijacije, tj. nemaju sva geografska područja jednake prigode vjetra, a pod vremenske mislimo na drugačije prigode u različitim vremenskim razdobljima. Vremenske varijacije brzine vjetra dijelimo na: dugoročne (npr. jedno desetljeće, pa čak i duže), godišnje, sezonske, dnevne i sinoptičke. Takav potencijal koji imamo vrijedi iskoristiti i zato postavljamo vjetroelektrane. Zanimljiva je činjenica da u svom vijeku trajanja od oko 20 godina, vjetroturbina ima “faktor iskorištenja” između 3000 % i 8200 %. To znači da turbina proizvede 30 do 82 puta više energije nego što je potrebno za njenu izradu, dostavu, korištenje i rastavljanje.[2] Naravno ovo je veliki raspon ali to je i razlog zbog više parametara, poput područja na kojem se nalazi, učestalosti vjetra, temperatura zraka, kao i brzina i smjer vjetra (ruža vjetrova), pa sve do mehaničkog dijela od vrste turbine, od veličine vjetroturbine, do razine kvalitete automatizacije i sl.

## 2. PARAMETRI ZA IZBOR VJETROLOKACIJE

### 2.1. Ovisnost brzine vjetra o visini

Malo detaljnija razrada potrebnih parametara za veću učinkovitost iskorištenja energije vjetra počinje sa samim područjem u kojem se nalazi vjetroturbina, vjerojatno je svima jasno da je pri većim uzvisinama paralelno i veća energija vjetra i jače strujanje zraka. Bitno je spomenuti kako se dolazi do izračuna brzine vjetra pri određenim visinama zbog izgleda lokacije koji utječe na sam vjetar. Za promjenu brzine vjetra s visinom prema logaritamskom zakonu ključne su dvije formule:

1. Osnovni izraz:[3]

$$v = v_0 \frac{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_0}{z_0}\right)} \quad [2-1]$$

2. Drugi izraz koji pretpostavlja brzinu vjetra jednaku nuli na površini:[3]

$$v = v_0 \frac{\ln\left(1 + \frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(1 + \frac{H_0}{z_0}\right)} \quad [2-2]$$

Pri čemu je:

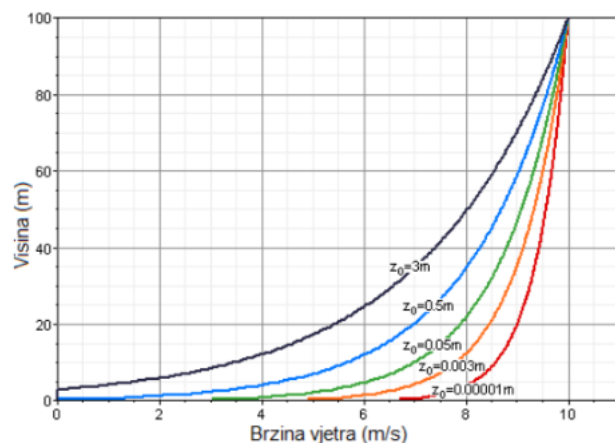
$v_0$ - mjerena brzina vjetra

$H_0$ - visina na kojoj je mjerena brzina  $v_0$

$H$ - visina

$z_0$ - koeficijent grubosti terena

Koeficijent grubosti terena je najbolje prikazati grafom i tablicom:



Slika 2.1. Graf koeficijenta grubosti terena[13]

Iz grafa (Slika 2.1.) se vidi da zapravo objekti spomenuti u tablici 2.1. koja slijedi djeluju na brzinu vjetra otprilike do visine od 100 m.[3]

Tablica 2.1. Tablica koeficijenta grubosti ovisno o terenu[14]

Opis terena	Koeficijent $z_0$
Snijeg, ravna zemlja	0.0001
Mirno otvoreno more	0.0001
Valovito more	0.001
Snijeg, obrađena zemlja	0.002
Travnjaci	0.02 – 0.05
Žitna polja	0.05
Farme	0.002 – 0.3
Malo drveća	0.06
Puno drveća	0.3
Šume	0.4 – 1.2
Gradovi	1.2
Centri gradova s velikim zgradama	3



## 2.2. Snaga vjetra

Kada se govori o učestalosti vjetra ona ovisi o području i dobu godine. Naravno u vrijeme hladnijeg doba, jeseni i zime, veće su količine vjetra, te su tako i učestalija djelovanja vjetra na vjetroturbinu. Razmatrajući područja vidljivo je da je najučestalije pri pučinskim vjetroelektranama, kao i određena područja koja su zbog svog specifičnog reljefa pod utjecajem stalnih izmjena tlakova. Bitno je i iščitavanje atlasa vjetrova, zato što su na njima prikazane srednje vrijednosti brzine vjetra, što zapravo ne mora biti ispravan prikaz lokacije s većim potencijalom. U prijevodu, može se imati dvije lokacije koje imaju prosječnu brzinu vjetra 12 m/s i gdje jedna može biti pogodnija nego druga lokacija. A zašto je to tako? Upravo zbog ovisnosti snage o trećoj potenciji brzine može se objasniti zašto ima puno raspoložive snage na velikim brzinama vjetra, a to također postavlja i ograničenja na turbine koje mogu biti uništene pri takvim brzinama.[3] Kao naprimjer:

Formula za gustoću snage:[3]

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \quad [2-3]$$

$P$ - Snaga vjetra

$\rho$ - Gustoća zraka

$A$ - Površina koju čini rotor u vrtnji

$v$ - Brzina vjetra

1. Slučaj: Lokacija kojoj je srednja brzina 12 m/s.

$$\frac{P}{A_1} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 12^3 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 1728$$

2. Slučaj: Lokacija kojoj je jedan dio godine 10 m/s a drugi dio godine 14 m/s.

$$\frac{P}{A_2} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_1^3 + v_2^3) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (10^3 + 14^3) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 3744$$

I iz ovoga je vidljivo da je omjer gustoća snage:

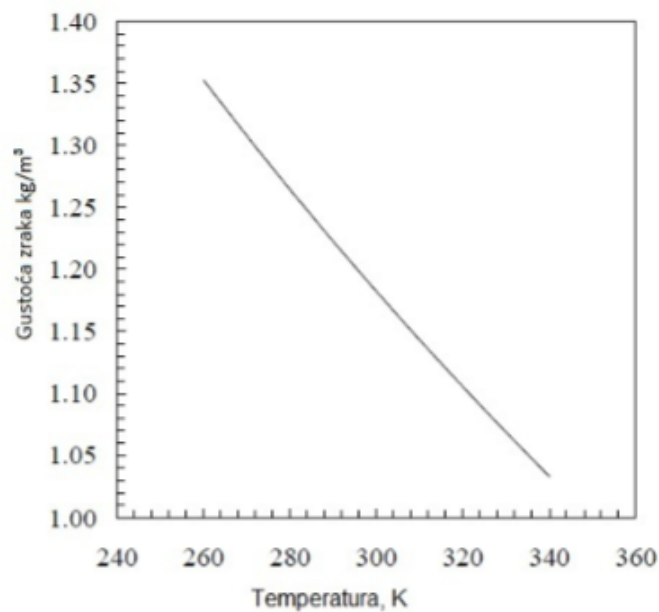
$$\frac{\frac{P}{A_2}}{\frac{P}{A_1}} = \frac{3744}{1728} = 2,16667$$

Vidljivo je da je na drugoj lokaciji gustoća snage i više nego dvostruko veća![3]

Bitno je još naglasiti da današnji atlasi vjetrova već imaju izračunate snage, ali u slučaju izbora mikrolokacije vrijedi provjeriti još jednom.

### 2.3. Temperatura zraka

Parametar koji se može u istoj formuli obrazložiti je i temperatura zraka. S porastom temperature pada gustoća zraka i kada se uvrsti u formulu gustoću zraka, vidi se da niže temperature daju veću energiju vjetra. Najbolje je to prikazati grafom (Slika 2.2.) i tablicom 2.2.:



Slika 2.2. Graf ovisnosti gustoće zraka i temperature[15]

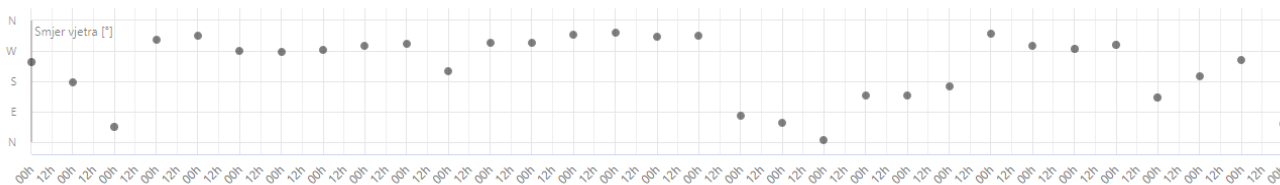
Tablica 2.2. Tablica gustoće zraka ovisno o temperaturi[16]

Temperatura (°C)	Gustoća suhog zraka (kg/m <sup>3</sup> )
-25	1.423
-20	1.395
-15	1.368
-10	1.342
-5	1.317
0	1.292
5	1.269
10	1.247
15	1.225
20	1.204
25	1.184
30	1.165
35	1.146
40	1.127

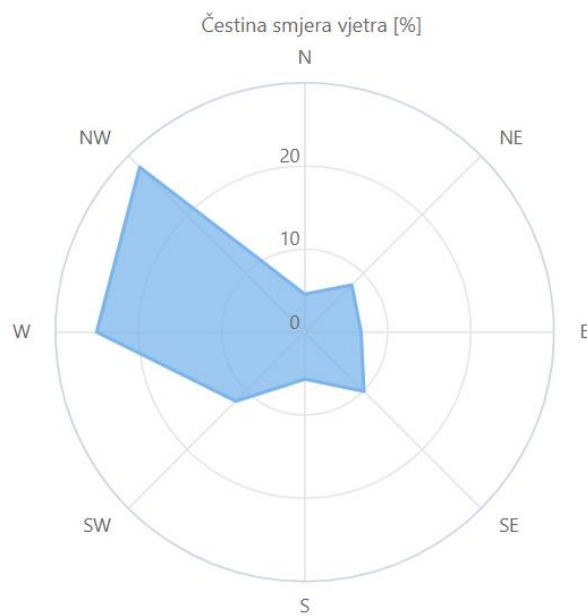
## 2.4. Ruža vjetrova

Pri djelovanju vjetra može se primijetiti da on ima svoj smjer. Da bi se prikazale informacije o raspodjeli brzina vjetra i učestalosti promjenjivih smjerova vjetrova, može se nacrtati takozvana ruža vjetrova na temelju meteoroloških opažanja brzina i smjerova vjetra. Najbolje je ružu vjetrova objasniti kroz primjer.

Slika 2.3. prikazuje graf ruže vjetrova za Osijek u zadnjih 30 dana (16.9.2022.):



Slika 2.3. Graf ruže vjetrova za Osijek (16.9.2022)[17]

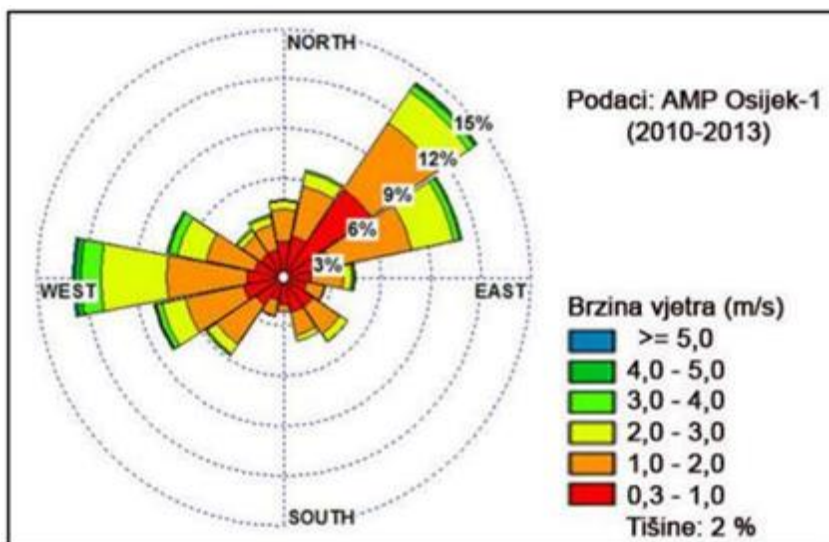


*Slika 2.4. Ruža vjetrova za Osijek (16.9.2022.)[18]*

Kompas je podijeljen u 8 sektora, po jedan za svakih 45 stupnjeva horizonta (ruža vjetrova također se može nacrtati za 12 ili 16 sektora, ali 12 sektora obično je standard postavljen od strane Europskog atlasa vjetrova).[4]

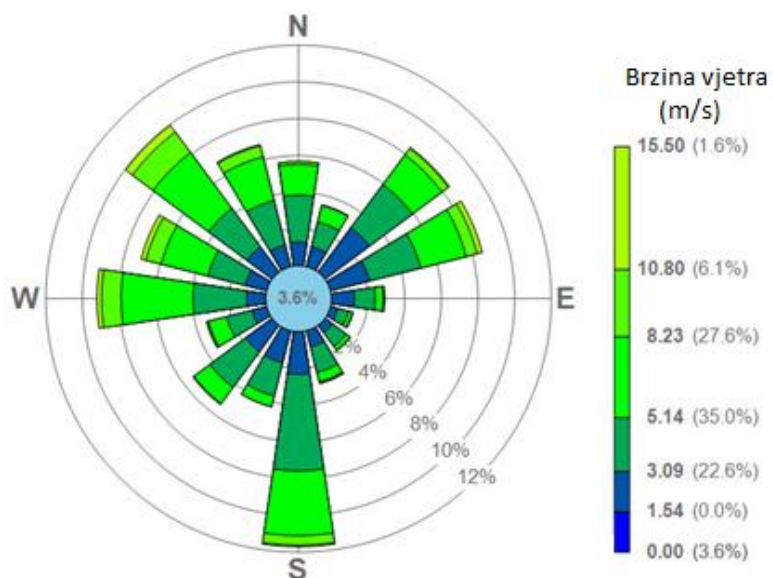
Radijus 8 klinova daje relativnu učestalost svakog od 8 smjerova vjetra, tj. koliko posto vremena vjetar puše iz tog smjera. Brojevi na kružnicama (10 i 20) predstavljaju postotak vremena koliko je puhao određeni vjetar u tih 30 dana. Npr. vjetar koji je puhao u smjeru jugoistoka (SE) ukupno je trajao 10 % vremena u 30 dana, točnije 3 dana, što vidimo po tomu što je klin duljine do prve kružnice (10 %).[4]

Ovo je tip jednostavnije ruže vjetrova objavljene od strane Meteorološke postaje Osijek-Čepin (Slika 2.4.). Postoje i složenije ruže vjetrova koje daju više korisnih podataka, poput onog na sljedećem primjeru iz Osijeka:



Slika 2.5. Ruža vjetrova Osijek (2010-2013)[19]

Ili poput ovog primjera:



Slika 2.6. Ruža vjetrova za Californiu (19.3.2018.-25.3.2018.)[20]

Kod ova dva grafa (Slika 2.5., Slika 2.6.) vidljivi su još i parametri koliko je često određena jačina vjetra prisutna. To uvelike pomaže pri određivanju pogodnije lokacije u slučaju dvije iste ili slične sa srednjim brzinama, što je objašnjeno u dijelu s gustoćom snage. Taj dio se najbolje vidi po širini klinova, jer što je širi klin to je veći izvor iskoristive energije, jer sadržaj energije vjetra varira s kubom brzine vjetra.

U slučaju drugog grafa može se vidjeti da je prevladavajući smjer vjetra sjeveroistočni, baš kao što bi se predvidjelo na atlasu vjetrova.

Ruža vjetrova daje informacije o relativnim brzinama vjetra u različitim smjerovima, tj. svaki od tri skupa podataka (učestalost, srednja brzina vjetra i srednji kub brzine vjetra) pomnožen je s brojem koji osigurava da najveći klin u skupu točno odgovara polumjeru najudaljenijeg kruga u dijagramu. Najidealnije ruže vjetrova za izgradnju vjetroelektrana su one poput grafa 2. (Slika 2.5.) gdje je vjetar velik dio vremena usmjeren u jednom smjeru ili pak ako je drugi najučestaliji smjer usmjeren suprotno od prvog najučestalijeg što je jako velika rijetkost.[4]

Sada je vidljivo zašto je ruža vjetrova jako bitan parametar pri izboru kvalitetne mikrolokacije.

## 2.5 Mehanika vjetra ovisno o lokaciji

Danas su vjetroagregati specijalizirani za skoro sve terene i klimatske uvjete, od hladnih arktičkih lokacija pa sve do tropskih uvjeta. Visina stupova seže i preko 250 m, dok elise prelaze 100 m. A zašto je to važno? Spominjana je visina koja je bitan faktor, ali i sama površina koju čini rotor u vrtnji je isto tako bitna. Iz formule za snagu vjetra je to vidljivo:[3]

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad [2-4]$$

Gdje je:

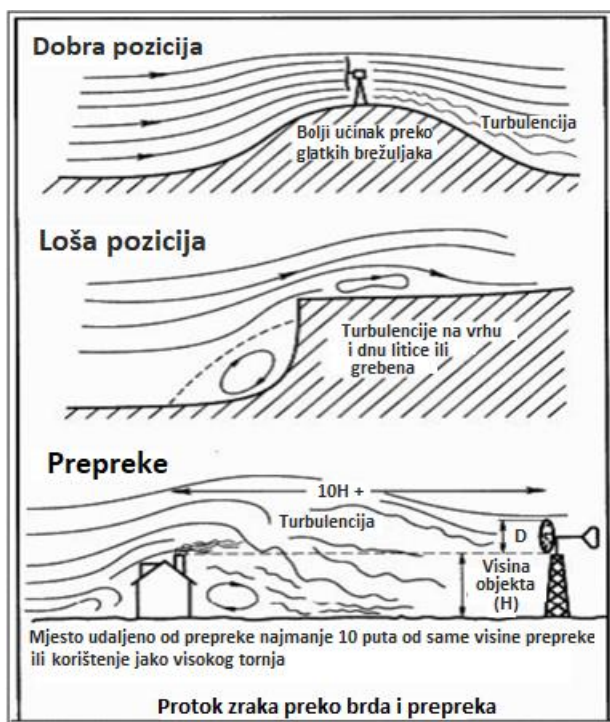
$P_v$ - Snaga vjetra

$\rho$ - Gustoća zraka

$A$ - Površina koju čini rotor u vrtnji

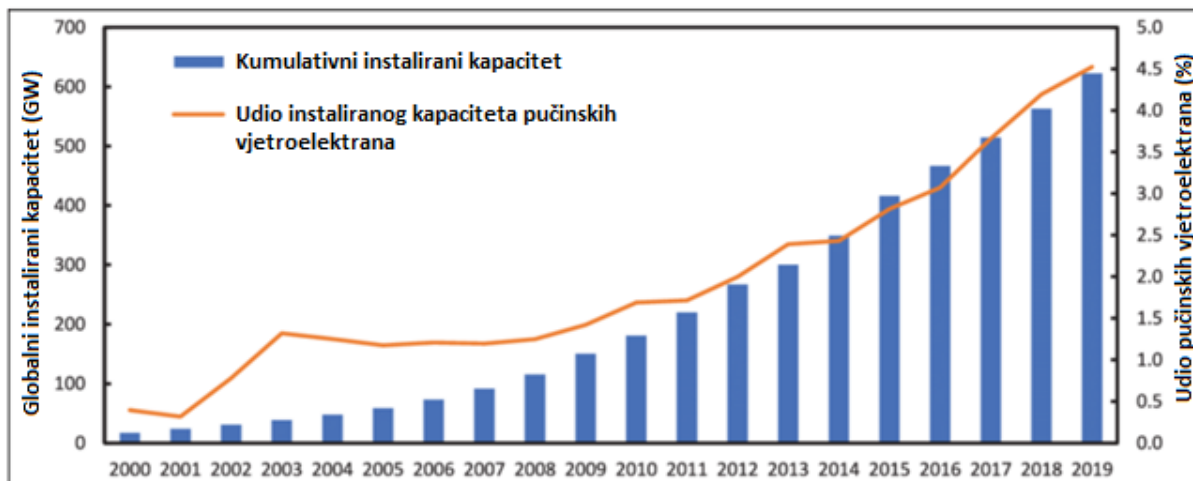
$v$ - Brzina vjetra

Da bi vjetar što bolje prolazio kroz tu površinu, određuje ga i okolina, točnije sve reljefne nepravilnosti, kao i objekti koje je stvorio čovjek. Preciznije, pri takvim nepravilnostima dolazi do turbulencija koje utječu na efikasnost samih vjetroelektrana.[1] Kao na prikazu sa slike 2.9.:



Slika 2.7. Pogodne i loše pozicije za izgradnju vjetroturbina[21]

Tu se dolazi do podjele vjetroelektrana na kopnene i pučinske vjetroelektrane i pravog primjera koliko je okolina bitna. Iz slike 2.7. je vidljivo da što je čistiji teren to je veća efikasnost vjetroelektrana jer nema nikakvih smetnji, a u tomu je idealan morski teren. Sam graf (Slika 2.8.) koji slijedi prikazuje da se sve više izgrađuju i koriste pučinske vjetroelektrane, ali zašto ako je izgradnja skuplja i teže ih je spojiti na mrežu?

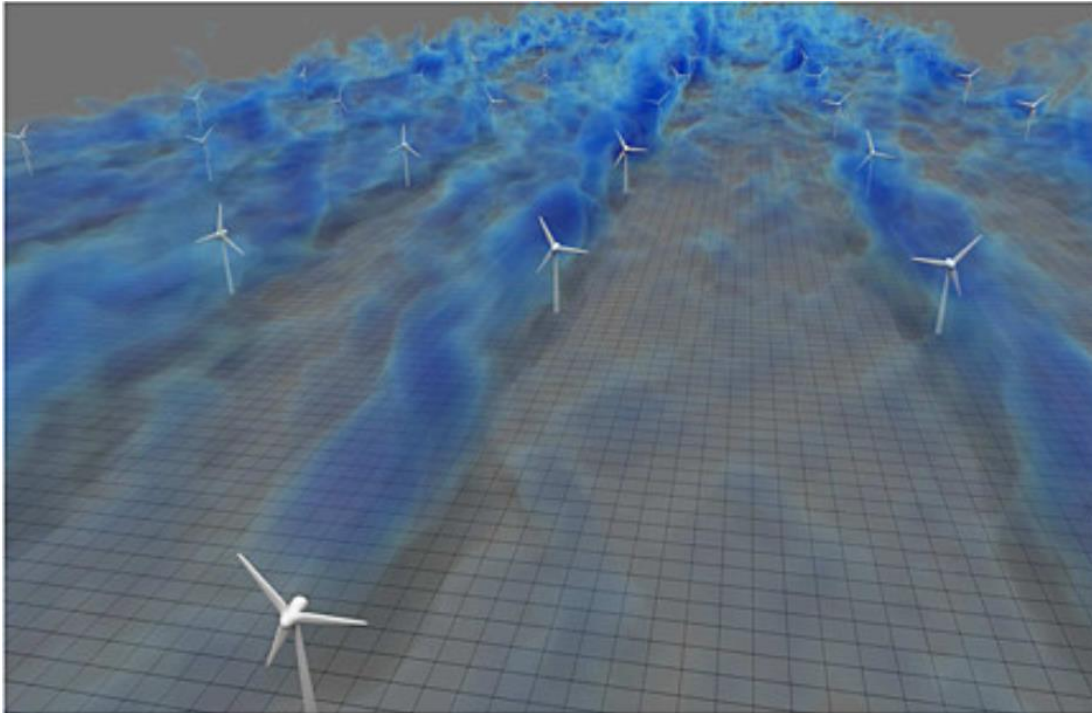


Slika 2.8. Omjer kopnenih i pučinskih vjetroelektrana[22]

Pučinske vjetroelektrane proizvode više električne energije od kopnenih vjetroelektrana, zahvaljujući većoj brzini vjetrova, većem broju radnih sati i nedostatku fizičkih smetnji koje mogu predstavljati reljefne nepravilnosti ili objekti koje je stvorio čovjek. Skuplje su pri ulaganju jer su im tornjevi veći (dio ispod vode), transport energije teže izvodiv, skuplje je održavanje te je potrebna zaštita od korozije. Dugoročno gledano isplativije su, jer sav uloženi dio kasnije se vrati zbog povoljnijeg terena. Kod pučinskih vjetroelektrana ima i jedno rješenje u slučaju dubokog mora (iznad 60 m dubine), a to je plutajuća vjetroturbina.[5] Dubine su velike pa su onda i preveliki troškovi postavljanja betonskih blokova kao temelja, pa rješenje nalazimo u tomu da je konstrukcija na kojoj se nalazi vjetroturbina plutajuća. Kopno kao pozicija za postavljanje vjetroelektrane je relativno nepovoljna, zbog velikog broja zapreka koje se nalaze na putu do turbina (što vidimo iz slike iznad), nastaju veće fluktuacije u konstantnosti vjetra koji puše na lopatice, te zapreke mogu biti razne od šuma, pa do blizine planina ili nekog drugog oblika zapreka. Stoga dobre pozicije su uz obale oceana i pučina mora. Naravno ako se uzme u obzir planina, kao npr. na Velebitu, rezultati pokazuju kako ima pojedinih točaka gdje je ipak vjetar jači i učestaliji na Velebitu, ali i tu opet se dolazi do problema same izgradnje vjetroelektrana, nepogodan teren, kao i potreba za izgradnjom dosta dugih i širokih cesta za mogući prolazak šlepera s elisama, priključak na mrežu i sl. Kada se vrši izbor lokacije za postavljanje VE bitno je odrediti jeli na vjetrovitoj strani imamo zgrade ili planine, zbog toga što se zrak komprimira i njegova se brzina povećava, ta pojava se naziva „efekt tunela“ te bi on trebao biti što pravilniji. Vjetroturbine su udaljene između 5 do 9 dužina promjera rotora u smjeru dolaska vjetra i između 3 i 5 dužina promjera rotora u smjeru okomitom na smjer vjetra. Gubitak energije zbog zavjetrine koje stvaraju jedna drugoj iznosi negdje oko 5 %, no iskoristivost zemljišta i cijena spajanja na mrežu, traže da se smjeste što bliže jedna drugoj. Na slici

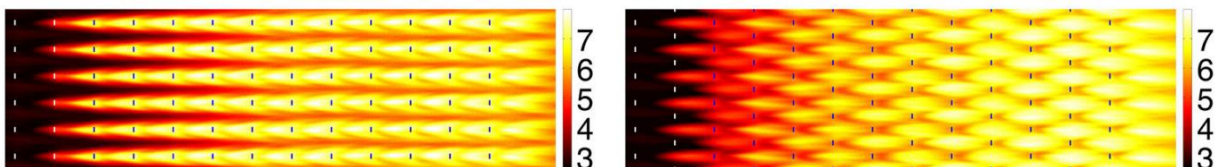


2.9. koja slijedi vidi se trodimenzionalna vizualizacija strujanja zraka u nekoj simuliranoj vjetroelektrani. Plavi dio označava fluktuacije zraka koje nisu poželjne i vidi se postepeno pojačavanje tih fluktuacija zraka nakon svake iduće vjetroturbine u nizu.[6]



*Slika 2.9. Fluktuacija zraka u simulaciji vjetroelektrane[23]*

U simulaciji je još obrađena i postava vjetroturbina u cik-cak formaciji i dobiveni su ovi rezultati:



*Slika 2.10. Simulirana formacija vjetroturbina i fluktuacija zraka[24]*

Bijelo/plave točkice su postavljene vjetroturbine, a ostali dio fluktuacija zraka (Slika 2.10.). Iz ovih rezultata može se zaključiti da se za manji broj redova vjetroturbina (7-8 redova) bolja cik-cak postava formacije, a ako se ima više redova, onda je bolja postava vjetroturbina jedne iza druge u stupcu.[6]

## 2.6 Poboljšanje vjetroturbine

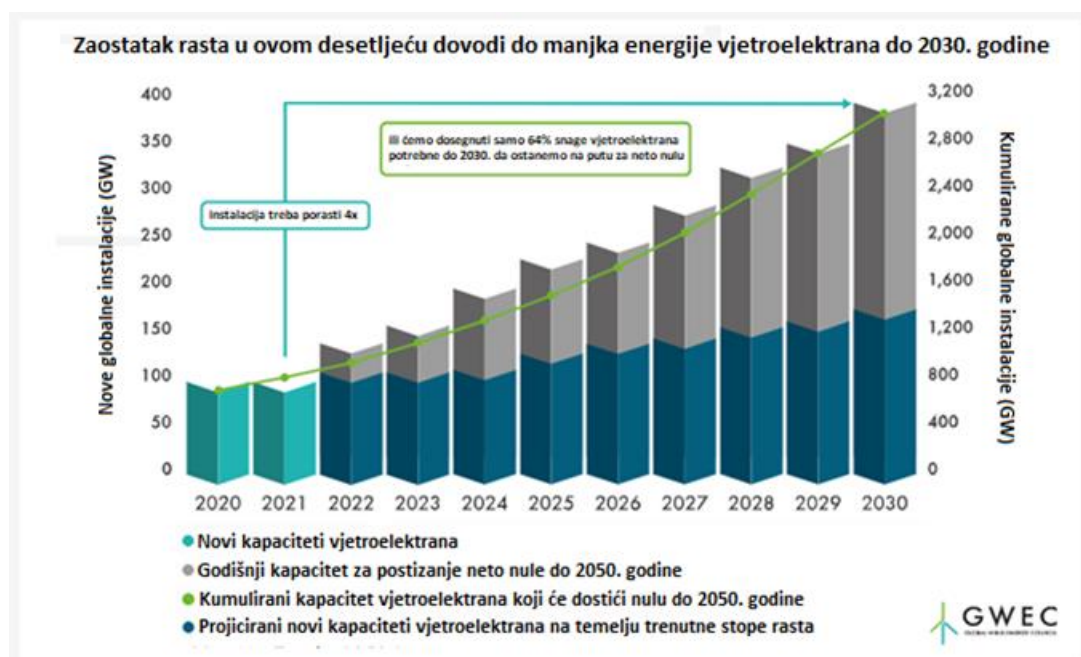
Prije više od 100 godina, točnije davne 1919. godine njemački fizičar Albert Betz je razradio je zakon energije vjetra i računski odredio da je moguće iskorištenje vjetra samo 59 %, točnije shvatio je da se iskorištava samo razlika brzine vjetra na ulazu i na izlazu osi vrtnje. Naravno to je samo teoretski maksimum, realnost je ipak ta da se iskoristi oko 40 % energije vjetra, ovisno o uvjetima i lokaciji koji su navedeni. Zbog sve većeg razvoja i modernizaciji samih vjetroturbina ta iskoristivost također raste.[1],[7] Poboljšanja mehaničkog dijela su:

1. Korištenje višepolnih niskobrzinskih generatora
2. Sustav za upravljanje zakretanja elise
3. Ovisno o trafostanici na koju se spaja vrijede drugačija pravila
4. Kočnice koje održavaju optimalan broj okretaja lopatica
5. Sustav koji omogućava pogon AC sinkronog generatora na mrežnom naponu i frekvenciji bez potrebe za transformatorima i pretvaračima.
6. Software koji predviđa smjer, brzinu i trajanje vjetra pomoću laserskih anemometara
7. Podešavanje opterećenja sustava putem programabilne pobude AC generatora.

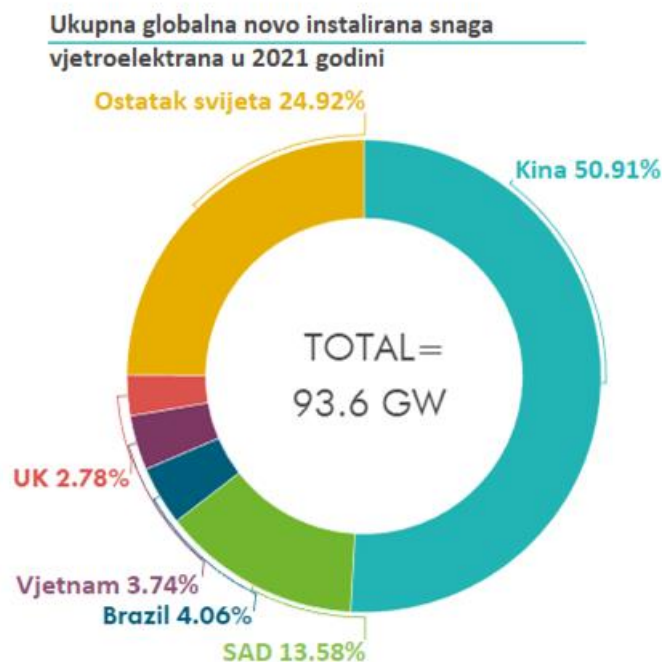
### 3. VJETROELEKTRANE SVIJETA U USPOREDBI S HRVATSKOM

#### 3.1. Vjetroelektrane svijeta

Od 2000-te godine pa sve do danas porast izgradnje vjetroelektrana je drastično skočila, takoreći eksponencijalno. Godine 2000. je u cijelom svijetu bilo ukupno 17 GW proizvodnje električne energije, a do danas je taj skok dosegao čak 837 GW, što je u usporedbi sa svom proizvedenom električnom energijom u svijetu, oko 7 % proizvodnje preko energije vjetra. Po proizvodnji struje pomoću vjetroelektrana definitivno prednjače Kina (328,973 MW) i SAD (132,738 MW), koje same ukupno proizvedu više struje energijom vjetra nego ostatak država u svijetu, točnije 55.16 %.[8] Ipak po prosjeku instalirane snage i broju ljudi najnaprednije su skandinavske zemlje (Danska, Švedska, Hrvatska je na 22. mjestu). 2020. godina je bila rekordna s novom instaliranom snagom od 95,32 GW (Slika 3.2.). Prvi pad je doživljen 2021., tada je proizvedeno 1,8 % manje nego u prethodnoj godini, ali naravno taj pad je bio popraćen s korona krizom i općom globalnom ekonomskom krizom, pa je i jasan pad. Sumom planova vodećih i najjačih ekonomskih država vidljivo je da će daljnji rast biti linearan, pa tako ispada da će do 2030. instalirana snaga prijeći 1,2 TW, a do 2050. doći do 3,2 TW snage (Slika 3.1.).



Slika 3.1. Graf zaostatka rasta vjetroelektrana uzrokovan krizom[25]



*Slika 3.2. Novoinstalirana snaga vjetroelektrana u svijetu za 2021. [26]*

10 najvećih vjetroelektrana se nalazi u Kini, SAD-u, Indiji i Britaniji. Najveća je u Kini (Gansu), otvorena još 2010 godine, trenutno opskrbljiva stanovništvo sa 5,16 GW pomoću 3500 turbina, ali u planu je da dosegne oko 20 GW instalirane snage i 7000 turbina. Samo ovakav jedan projekt je dovoljno sposoban da opskrbi jednu manju državu s električnom strujom. Druga po veličini je vjetroelektrana Alta Wind Energy Centre (AWEC) koja se nalazi u SAD-u, njezina instalirana snaga je 1,5 GW, ali je isto kao i prošla u mogućnosti da dosegne 3 GW u slučaju uspjeha daljnjih planova. I još vrijedi spomenuti i treću vjetroelektranu po veličini iz Indije Muppandal. Ona također doseže instaliranu snagu do 1,5 GW i sadrži 3000 turbina, snaga od 200 kW do 1650 kW. Bitno je još i navesti najveću pučinsku vjetroelektranu, ali i ukupno četvrtu najveću, a to je Hornsea One, nalazi se u Britaniji i puni joj je kapacitet 1,2 GW. Raširena je na čak 407 kilometara kvadratnih. No kod nje je zanimljivo da posjeduje samo 174 Siemensove turbine koje su snaga od 7 MW. Pokrenuta je tek 2020. Godine, a u stanju je opskrbljivati čak milijun kućanstava.[9]

### 3.2 Vjetroturbine svijeta

Treba još spomenuti i vjetroturbine u svijetu. Najveća je kineska turbina MySE 16.0-242, postavlja se na morske vjetroelektrane, visine je čak do 242 m, a lopatice su joj duge 118 metara, a površinu koju zahvaćaju lopatice je 46 tisuća metara kvadratnih. Nazivna snaga joj je 16 MW. Proizvede 80 000 MWh godišnje, što u pravilu znači da opskrbljuje oko 20 000 kućanstava. Radnog je vijeka od 25 godina i ukloni više od 1,6 milijuna tona ugljikovog dioksida. Postavljat će se tek u ovoj godini, ali u funkciju kreće tek u prvoj polovici 2024. godine. Dizajnirana je za mjesta s jako puno vjetra, poput sjevernog mora u Europi i južnog kineskog mora sklonog tajfunima. Druga najveća i najsnažnija turbina je nastala od poznate danske tvrtke Vestas, a kodno ime joj je V236-15.0. Iz samog naziva će te pomisliti da joj je visina 236 m, ali zapravo, to joj je promjer rotora, a visina joj je čak 280 m i instalirana snaga joj je 15 MW. Iako ima manju snagu za 1 MW naspram prošle spomenute turbine, njezin učinak je svejedno isti kao i prošloj turbini, 80 000 MWh godišnje i opskrba 20 000 kućanstava. Ova turbina je proizvedena za ekstremne uvjete vjetra, točnije može uzimati energiju iz brzine vjetra i do 57 m/s. Ova turbina će u pogon krenuti u drugom dijelu ove godine i za sada je samo plan ugradnje u Danskoj. Bitno je još naglasiti da je i ova turbina u primjeni samo kao pučinska.[10]

### 3.3. Vjetroelektrane u Hrvatskoj

I sada nakon ovih svjetskih podataka i rezultata dolazi ono glavno pitanje, a to je gdje se u svemu ovome nalazi Hrvatska, kakve su joj pogodnosti za vjetroelektrane, koliko je već razvijena u tom dijelu, kao i koliki joj je krajnji potencijal? Već je u prijašnjem dijelu teksta navedeno da na odnos instalirane snage i broja stanovništva u državama ipak drži 22. mjesto, što i ne djeluje tako loše kada se uzme u obzir da preko 100 država već ima implementirane vjetroturbine. Je li to zaista tako s obzirom na potencijal?

Krene li se od samih početaka, još 1988. je izgrađena prva vjetroturbina u Uljaniku, izgradila ju je tvrtka Končar. Od te prve izgrađene vjetroturbine prošlo je 26 godina dok se nije izgradila druga, ali s obzirom od kada je nastala neovisna Država Hrvatska može se reći da je prva nastala vjetroturbina, točnije vjetroelektrana, izgrađena na Pagu 2004. godine (Ravne 1) i ima 7 vjetroagregata kojima je suma instalirane snage 5,95 MW. Od tada do danas je izgrađeno još 25 vjetroelektrana, točnije tri još nisu u komercijalnoj upotrebi (Senj, Ljubač I i Ljubač II), nego su na probnom radu. Instalirana snaga svih vjetroelektrana je 801 MW, u radu je 334 vjetroagregata koji isporučuju godišnje oko 1884 GWh električne struje. Treba naglasiti da tri vjetroelektrane koje su na probnom radu imaju instaliranu snagu 188 MW, tako da će to biti veliki skok kada uđu u punu

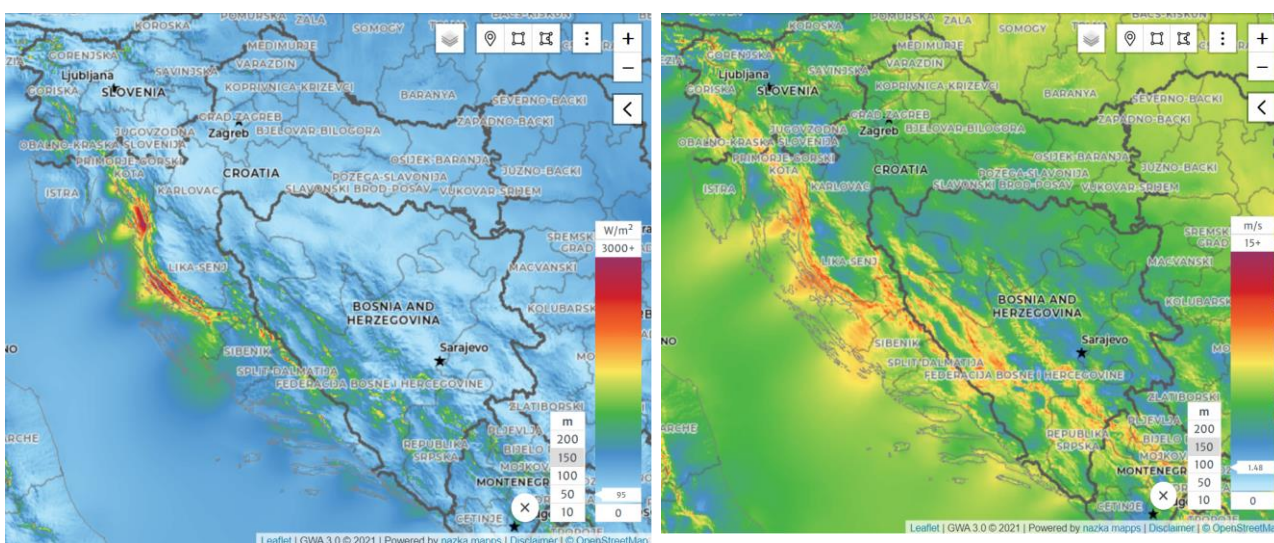
funkciju. Vjetroelektrana s najviše vjetroagregata je Krš-Pađene (48 komada), a po snazi je najveća vjetroelektrana Senj (156 MW).[11]

Vidljivo je da su sve vjetroelektrane postavljene u priobalnom dijelu, što je i logično kada se sagledaju svi parametri koji su navedeni ranije o pogodnim lokacijama. Po Europskom zelenom planu po pitanju Hrvatske je potencijal od 7 do 9 GW instalirane snage, što znači da do sada nije ispunjeno ni 10 % mogućnosti. Gdje se onda nalazi još tog potencijala?



## 4. POTENCIJALNE LOKACIJE

Sumiranjem svih parametara koji se sagledavaju za što bolji potencijal vjetroelektrana dobiju se ovi rezultati. Iz atlasa vjetrova se vidi da iako je najzastupljeniji dio vjetroelektrana u području od Dubrovačke do Zadarske županije, ipak to nije područje s najviše srednje brzine vjetra. Iz atlasa je vidljivo da su najveće srednje brzine vjetra ipak zastupljene u Kvarneru i Lici, a tamo su tek dvije vjetroelektrane izgrađene (Slika 4.3.). To je razlog zbog teško pristupačnog terena i priključka na mrežu, jer je to ipak cijelom dužinom Velebita. Karte (Slika 4.1., Slika 4.2.) koje prikazuju srednju brzinu vjetra i gustoću snage prikazuju rezultate na visini od 150 m.[12]

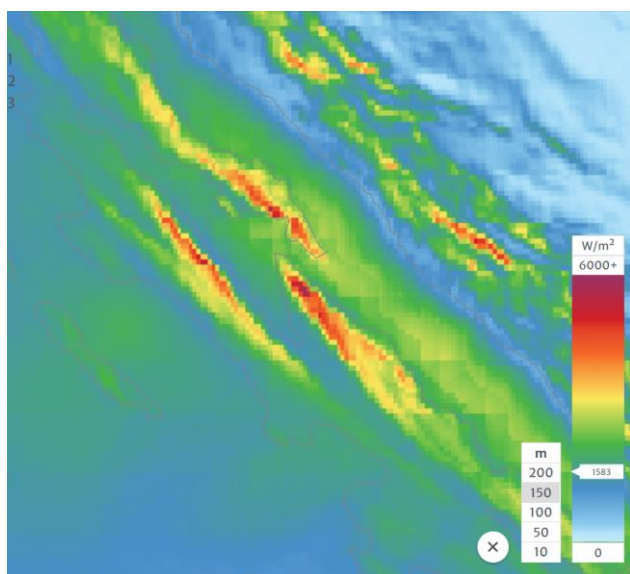


Slika 4.1. Karta gustoće snage zraka u godini[27] Slika 4.2. Karta srednje brzine vjetra u godini[28]



Slika 4.3. Lokacije vjetroelektrana u Hrvatskoj[29]

Ono što je još zanimljivo je i to da Hrvatska ne posjeduje ni jednu pučinsku vjetroelektranu, a potencijal je jako dobar oko otočja i uz obalu. Iz karte koja slijedi vidi se da na visini od 150 m područje s najviše potencijala ima otok Pag, gdje gustoća snage na pojedinim točkama seže i do  $6000 \text{ W/m}^2$ , ali je većom dužinom otoka gustoća snage od  $3000\text{-}4500 \text{ W/m}^2$  (Slika 4.4.). Prosječna brzina vjetra je oko  $11 \text{ m/s}$ . S obzirom na to da na otoku imaju dvije trafostanice s priključkom na  $110 \text{ kV}$ , trebalo bi biti moguće priključiti vjetroelektranu na mrežu (Slika 4.5.). Već je spomenuto da je prva vjetroelektrana izgrađena na otoku Pagu, ali baš zato što je prva to je i zastarjela tehnika i automatizacija, što znači da bi se s novim projektom moglo puno više energije iskoristiti. I naravno Ravne 1 zauzimaju samo mali dio potencijalnog područja. Cijelom dužinom otoka postoji i cesta, što još dodatno olakšava transport potrebnog materijala za izgradnju vjetroagregata. Treba još spomenuti i da je moguća izgradnja pučinskih vjetroelektrana.[12]



Slika 4.4. Gustoća snage zraka na otoku Pagu[30]

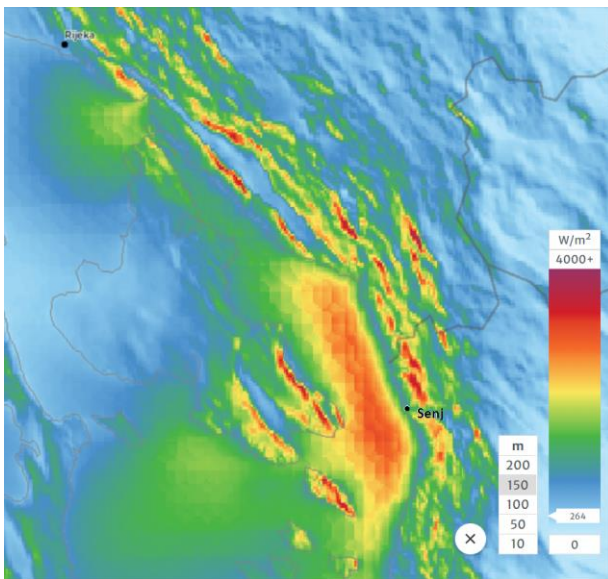


Slika 4.5. Elektroenergetska mreža na otoku Pagu[31]

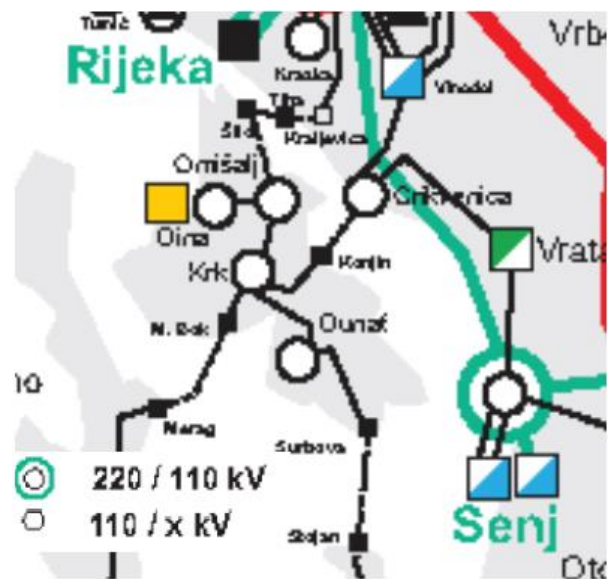
Sam otok Krk kao i prostor između otoka Krka i obale ima takoreći pun bazen velikog iznosa energije, jer tamo se nalazi velika površina (cca.  $35 \text{ km}^2$ ) gustoće snaga  $2500\text{-}3000 \text{ W/m}^2$ , dok kontinentalni dio ima do  $4000 \text{ W/m}^2$  (Slika 4.6.). Također ovo su rezultati pri visini od  $150 \text{ m}$ . Prosječna brzina vjetra je oko  $10 \text{ m/s}$ . Krk ima jako dobru razvijenu elektroenergetsku mrežu tako da priključak ne bi trebao biti problem. U slučaju izgradnje pučinske vjetroelektrane priključak bi bio najbolji na trafostanicu Senj (Slika 4.7.). Po mojem proračunu iz navedenih parametara u tih  $35 \text{ km}^2$ , ako bi se uzeo primjer vjetroelektrane Senj koja ima vjetroturbine namijenjene za pučinske vjetroelektrane, naziva Shanghai Electric 4.0MW-136, gdje broj 136 u nazivu označava promjer rotora dobije se da bi ovisno o položaju vjetroturbina po pravilima koji su ranije navedeni, stalo oko



70 vjetroturbina, točnije ako bi ih se postavilo u cik cak formaciju onda bi se dobilo 72 komada (6x12) vjetroturbina, a ako bi ih se stavilo u formaciju da su u redovima i stupcima onda bi ih stalo 70 komada (10x7).[6] Naravno ovo je računica ugrubo, ali sada se i bolje vidi kakav potencijal posjeduje, a što bi tek bilo s vjetroturbinama još bolje kvalitete i većih kapaciteta proizvodnje električne energije? Od kontinentalnog dijela, područje iznad Senja ima veliki potencijal ali naravno to je područje iskorišteno s dvije vjetroelektrane i vidljivo je da je isplativa investicija. [12]

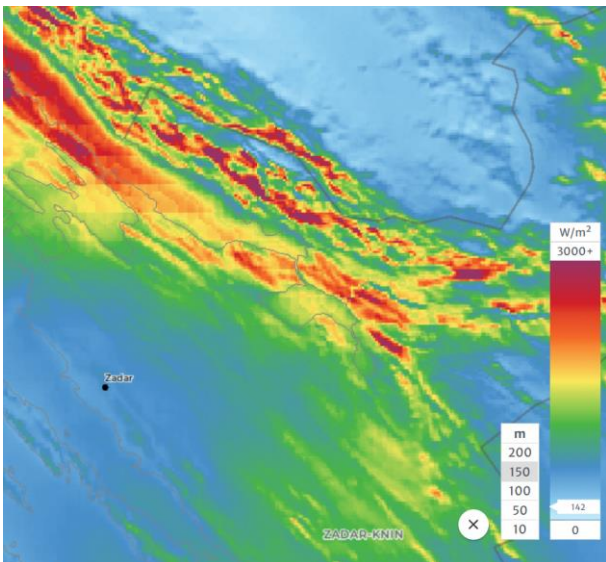


Slika 4.6. Gustoća snage zraka na otoku Krku[32]

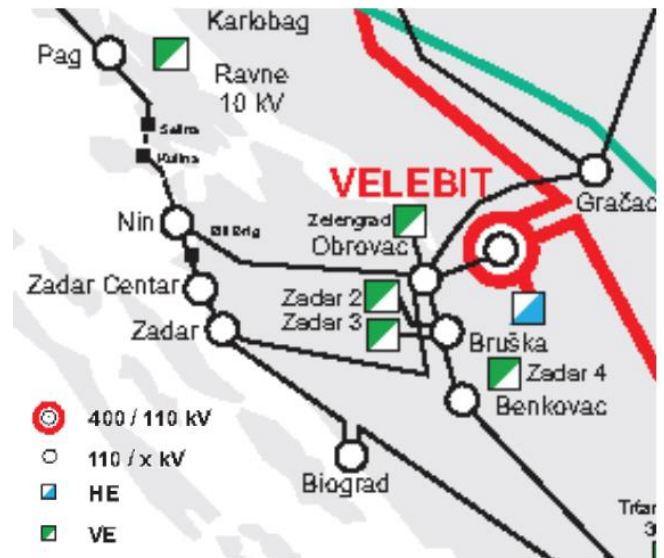


Slika 4.7. Elektroenergetska mreža na otoku Krku[33]

Područje u Zadarskom zaleđu iako već ima četiri vjetroelektrane i dalje je još puno potencijala. Pojedine točke dosežu i do  $4000 \text{ W/m}^2$ , na visini od 150 m, dok je srednja brzina vjetra od 10-11 m/s (Slika 4.8.). Jedini problem je lošiji teren na točkama visokog potencijala, ali je barem priključak na mrežu u blizini (400 kV) (Slika 4.9.). Ceste za transport su također dobro pozicionirane. [12]

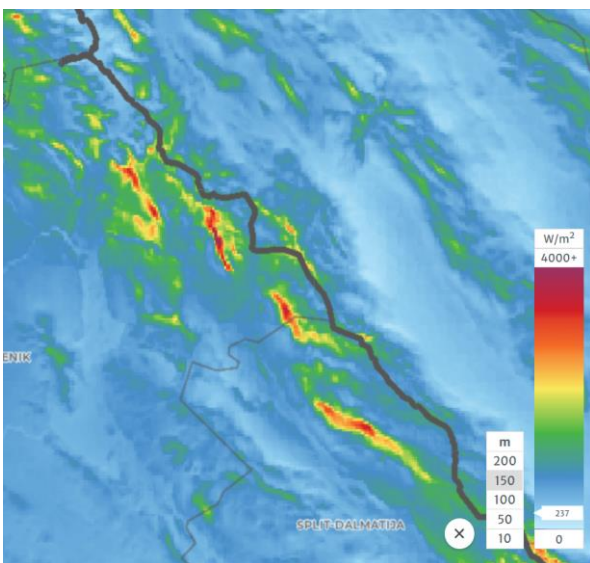


Slika 4.8. Gustoća snage zraka u Zadarskom zaleđu[34]

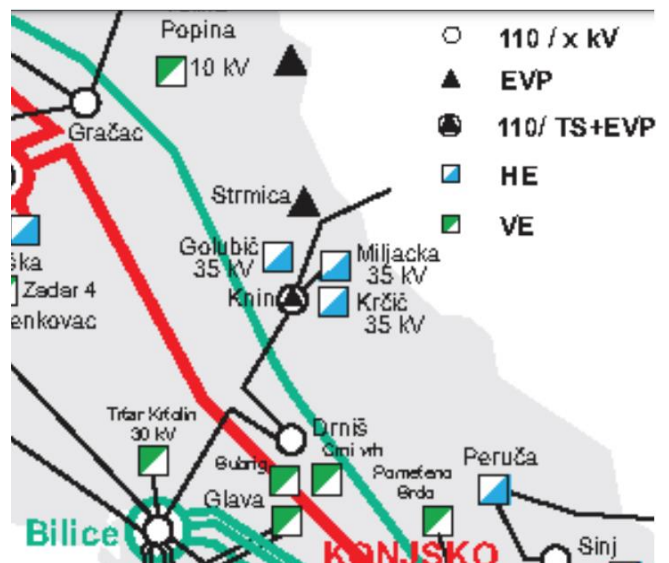


Slika 4.9. Elektroenergetska mreža u Zadarskom zaleđu[35]

Duž poteza Dinare također su dobri potencijali, ističu se četiri područja, gdje je pri visini od 150 m gustoća snaga od 3000-4500 W/m<sup>2</sup>, a srednja brzina u rasponu od 9-13,5 m/s (Slika 4.10.). Priključak je iznosa 110 kV, kao i još tri hidroelektrane koje su priključene na tu trafostanicu, a nema više ni jedne u blizini (Slika 4.11.). Također nastaje problem i kod terena, koji je nepogodan, pa je teška i izgradnja samih vjetroelektrana, a ulaganja su enormna da bi se uopće isplatila. Lošija je i infrastruktura prometnica, tako da bi i pri transportu nastali veliki troškovi.[12]

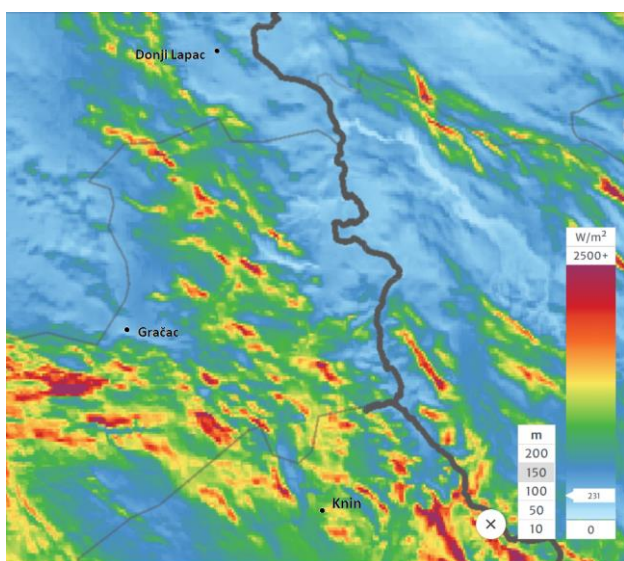


Slika 4.10. Gustoća snage zraka na planini Dinara[36]

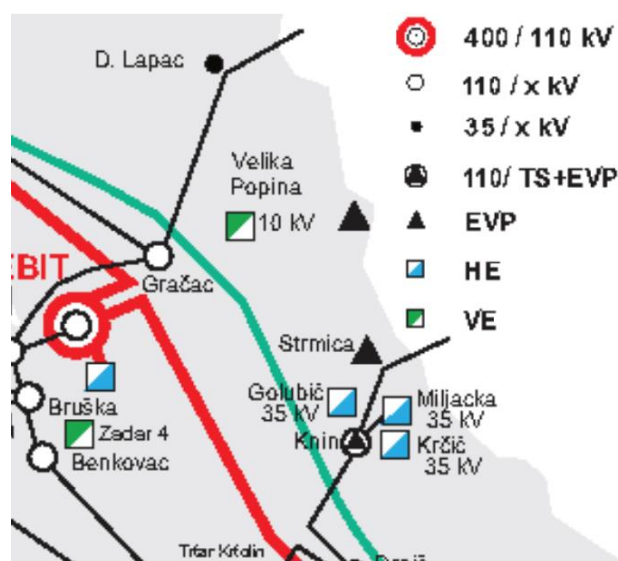


Slika 4.11. Elektroenergetska mreža na planini Dinara[37]

Trokut Knin-Gračac-Donji Lapac ima veći broj potencijalnih mjesta s razinama gustoća snaga od 2000-2600 W/m<sup>2</sup> na visinama od 150 m, s tim da područje kod Gračaca već ima dvije vjetroelektrane (Slika 4.12.). Srednja brzina je u rasponu od 9-13.5 m/s. Ovo područje je specifično zbog toga što je planinskog krajolika i posjeduje dosta brežuljaka i zbog takvog reljefnog područja dolazi do velikog broja turbulencija, a ranije je navedeno kako to nije poželjno. Zbog toga nije toliko isplativost u većem dijelu ovog područja izgradnja vjetroelektrana. A još k tomu svemu dolazi i to da je loša infrastruktura prometnica, uz naravno nepogodan teren. [12] Priključnica je samo jedna (110 kV), što također predstavlja problem jer su tu već postavljene još dvije vjetroelektrane (Slika 4.13.).



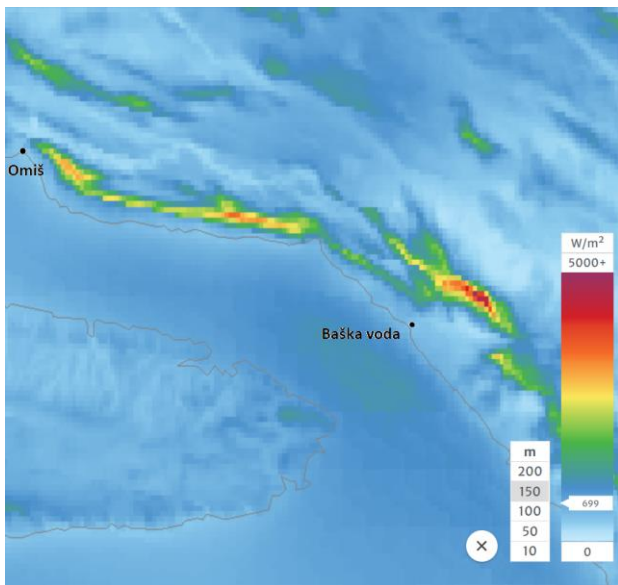
Slika 4.12. Gustoća snage zraka na trokutu Knin-Gračac-Donji Lapac[38]



Slika 4.13. Elektroenergetska mreža na trokutu Knin-Gračac-Donji Lapac[39]

Još jedan od kvalitetnijih terena, koji je djelomično iskorišten, je na potezu Omiš-Makarska. Vjetroelektrana Kom-Orjak-Greda iskorištava gustoće snaga od 2500-3000 W/m<sup>2</sup>. Ostaje još prostor iznad Baške vode, na samom vrhu Biokova je snaga čak 5000 W/m<sup>2</sup>, ali tu nisu problem ni teren ni priključak ni ceste, nego jer je to dio Parka Prirode Biokovo, pa tamo nisu moguće izgradnje vjetroelektrana (Slika 4.14.). U pozadini se još nalazi vjetroelektrana Katuni, ali ona iskorištava puno manje energije, oko 1200 W/m<sup>2</sup>. Priključak je izvediv zbog velikog broja trafostanica, a prometnice su dobro razvijene (Slika 4.15.). [12]





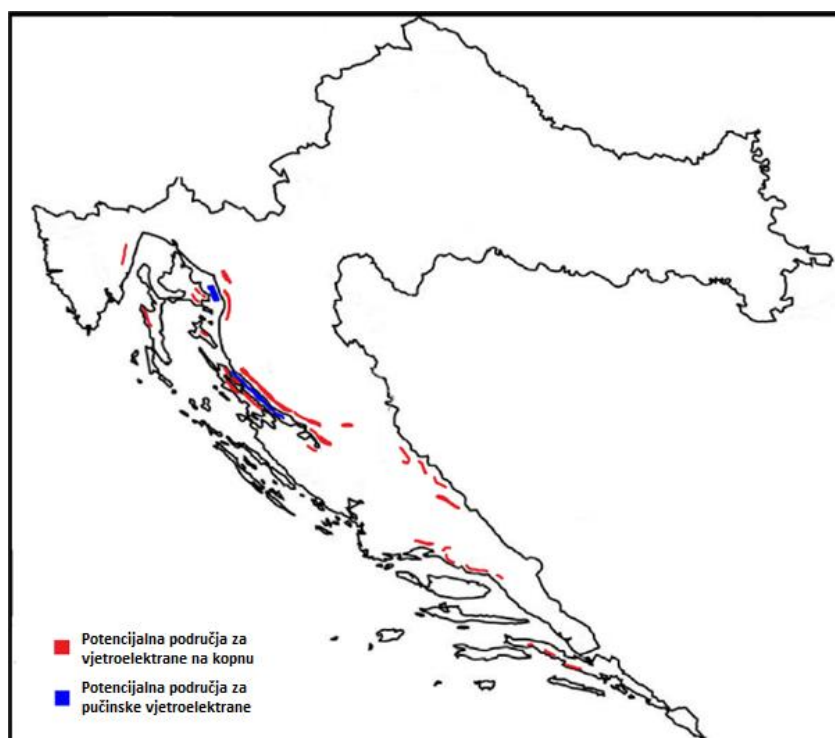
Slika 4.14. Gustoća snage zraka na potezu Omiš-Makarska[40]



Slika 4.15. Elektroenergetska mreža na potezu Omiš-Makarska[41]

Još se može nadodati poluotok Pelješac, koji je djelomično iskorišten, ali je dobar dio poluotoka na otvorenom moru, pa se tu nalazi potencijal od 1500-2000 W/m<sup>2</sup>. Otok Cres posjeduje razine gustoća snage oko 2000 W/m<sup>2</sup>, ali ima problem s priključnicom jer se na tom otoku ne nalazi ni jedna trafostanica, pa bi se cijela distributivna mreža u tom području trebala dizati na viši nivo. Još planina Učka posjeduje dužinom od 5 km potencijalna područja s gustoćama snage 1700-2100 W/m<sup>2</sup>. Ostatak Hrvatske je sa slabijim potencijalima i uglavnom neisplativima ili već iskorištenim.[5],[12]

Konačna karta pogodnih lokacija za vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj:



Slika 4.16. Potencijalne lokacije za vjetroelektrane u RH

## 5. ZAKLJUČAK

Sumiranjem svih ovih rezultata vidljivo je da je Hrvatska budućnost na zelenim izvorima. Hrvatska je zemlja s toliko potencijala koji nadmašuju naše potrebe, u prijevodu kada bi uložila samo u vjetroelektrane i zanemarila sve ostale izvore energija za proizvodnju električne energije imala bi dovoljno energije za vlastite potrebe, a mogla bi i izvoziti drugim državama. Da ne pričamo samo koliko je još bolja situacija kada se uzmu u obzir i ostali izvori energije, posebno sunčeva energija i energija vode. U pravilu bila bi s energijom ono što je Švicarska s ekonomijom. Kada uzmemo u obzir krizna vremena s energijom, kao što su ova, dolazimo do zaključka da Hrvatska ima odgovor, samo treba stvoriti dovoljno dobru infrastrukturu i pametno ulagati. Nadolazi još i vrijeme naprednijih tehnologija, kao i vjetroturbina većih kapaciteta i visina koje će imati još veću iskoristivost. Ne treba zaboraviti još i da vjetroelektrane koje su prve postavljene, paralelno imaju manje kapacitete, a kada istekne njihov vijek trajanja, zamijenit će ih još bolje. A najvjerojatnije i područja koja su reljefno otežana će s vremenom postati i pristupačnija zbog jeftinijeg i jednostavnijeg transporta, pa će se moći i ti potencijali iskoristiti. Također otkad je Hrvatska u Europskoj Uniji ima i tu sreću da pomoću EU fondova može uložiti još i više u izgradnju novih vjetroelektrana. Iako su pučinske vjetroelektrane skuplje, vidljivo je da bi trebalo uložiti i u njih, jer bi ta investicija bila puno isplativija dugoročno, a skok u proizvodnji električne energije enorman za njene potrebe. Sve u svemu, Hrvatska posjeduje dobru energetska budućnost, a daljnji rezultati će pokazati kako će se iskoristiti taj potencijal.

## LITERATURA

- [1] Web stranica EKO.ZAGREB.HR: <https://eko.zagreb.hr/energija-vjetra/84>, stranica posjećena 09.09.2022.
- [2] Web stranica Nova energija d.o.o: <http://novaenergija.hr/energija-vjetra/>, stranica posjećena 22.06.2022.
- [3] Diplomski rad, [2-1] Formula za promjenu brzine vjetra s visinom – Osnovni izraz, [2-2] Formula za promjenu brzine vjetra s visinom – Drugi izraz, [2-3] Formula za gustoću snage, [2-4] Formula za snagu vjetra: <http://docplayer.net/80736388-Obrada-i-analiza-mjerenih-podataka-za-vjetar-u-urbanoj-sredini.html>, stranica posjećena: 11.09.2022.
- [4] Danish World Industry Association: <http://www.xn--drmstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wres/rose.htm>, stranica posjećena 08.09.2022.
- [5] Završni rad: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos:3408/datastream/PDF/view>, stranica posjećena: 20.9.2022.
- [6] Web stranica ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure\\_fig1\\_273158900](https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure_fig1_273158900), stranica posjećena 22.09.2022.
- [7] Web stranica Uprise Energy: <https://upriseenergy.com/blog/2012/8/30/methods-to-improve-wind-turbine-performance>, stranica posjećena 22.09.2022.
- [8] Web stranica World population review: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/wind-power-by-country>, stranica posjećena: 20.6.2022.
- [9] Web stranica NES Fircroft: <https://www.nesfircroft.com/blog/2021/11/the-worlds-biggest-wind-farms?source=google.com>, stranica posjećena 20.06.2022.
- [10] Web stranica NES Fircroft: <https://www.nesfircroft.com/blog/2021/12/the-biggest-wind-turbines-in-the-world?source=google.com>, stranica posjećena 20.06.2022.
- [11] Web stranica Vjetroelektrane.com: <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-u-regiji>, stranica posjećena 22.06.2022.
- [12] Web stranica Global Wind Atlas: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena 23.09.2022.

- [13] Graf koeficijenta grubosti terena: <http://docplayer.net/80736388-Obrada-i-analiza-mjerenih-podataka-za-vjetar-u-urbanoj-sredini.html>, stranica posjećena: 11.09.2022.
- [14]. Tablica koeficijenta grubosti ovisno o terenu: <http://docplayer.net/80736388-Obrada-i-analiza-mjerenih-podataka-za-vjetar-u-urbanoj-sredini.html>, stranica posjećena: 11.09.2022.
- [15] Graf ovisnosti gustoće zraka i temperature: <http://docplayer.net/80736388-Obrada-i-analiza-mjerenih-podataka-za-vjetar-u-urbanoj-sredini.html>, stranica posjećena: 11.09.2022.
- [16] Tablica gustoće zraka ovisno o temperaturi: <http://docplayer.net/80736388-Obrada-i-analiza-mjerenih-podataka-za-vjetar-u-urbanoj-sredini.html>, stranica posjećena: 11.09.2022.
- [17] Graf ruže vjetrova za Osijek (16.9.2022): <https://www.neverin.hr/postaja/osijek-cepin/>, stranica posjećena: 16.9.2022
- [18] Ruža vjetrova za Osijek (16.9.2022.): <https://www.neverin.hr/postaja/osijek-cepin/>, stranica posjećena: 16.9.2022
- [19] Ruža vjetrova Osijek (2010-2013):  
[https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/03102018\\_-\\_elaborat\\_zastite\\_okolisa\\_excido\\_1.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/03102018_-_elaborat_zastite_okolisa_excido_1.pdf), stranica posjećena: 16.9.2022
- [20] Ruža vjetrova za Californiu (19.3.2018.-25.3.2018.):  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_rose](https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_rose), stranica posjećena: 16.9.2022
- [21] Pogodne i loše pozicije za izgradnju vjetroturbina: <https://eko.zagreb.hr/energija-vjetra/84>, stranica posjećena: 09.09.2022.
- [22] Omjer kopnenih i pučinskih vjetroelektrana: [https://www.researchgate.net/figure/Historical-trend-of-global-wind-power-installed-capacity-Data-from-IRENA-2020\\_fig2\\_348601753](https://www.researchgate.net/figure/Historical-trend-of-global-wind-power-installed-capacity-Data-from-IRENA-2020_fig2_348601753), stranica posjećena: 09.09.2022.
- [23] Fluktuacija zraka u simulaciji vjetroelektrane: [https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure\\_fig1\\_273158900](https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure_fig1_273158900), stranica posjećena: 22.09.2022.
- [24] Simulirana formacija vjetroturbina i fluktuacija zraka: [https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure\\_fig1\\_273158900](https://www.researchgate.net/figure/A-three-dimensional-visualization-of-the-flow-in-the-simulated-wind-farm-The-figure_fig1_273158900), stranica posjećena: 22.09.2022.

- [25] Graf zaostatka rasta vjetroelektrana uzrokovan krizom: <https://gwec.net/global-wind-report-2022/>, stranica posjećena: 20.6.2022.
- [26] Novo instalirana snaga vjetroelektrana u svijetu za 2021.: <https://gwec.net/global-wind-report-2022/>, stranica posjećena: 20.6.2022.
- [27] Karta gustoće snage zraka u godini: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [28] Karta srednje brzine vjetra u godini: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [29] Lokacije vjetroelektrana u Hrvatskoj: <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/kako-se-odvazna-ideja-pretvorila-u-milijunski-biznis-a-onda-zavrсила-u-crnoj-kronici-10379692>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [30] Gustoća snage zraka na otoku Pagu: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [31] Elektroenergetska mreža na otoku Pagu: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf), stranica posjećena: 23.09.2022.
- [32] Gustoća snage zraka na otoku Krku: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [33] Elektroenergetska mreža na otoku Krku: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf), stranica posjećena: 23.09.2022.
- [34] Gustoća snage zraka u Zadarskom zaleđu: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.
- [35] Elektroenergetska mreža u Zadarskom zaleđu: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf)



2025.\_s\_detaljnomo\_razradom\_za\_po%C4%8Detno\_trogodi%C5%A1nje\_i\_jednogodi%C5%A1nje\_razdoblje.pdf, stranica posjećena: 23.09.2022.

[36] Gustoća snage zraka na planini Dinara: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.

[37] Elektroenergetska mreža na planini Dinara: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf), stranica posjećena: 23.09.2022.

[38] Gustoća snage zraka na trokutu Knin-Gračac-Donji Lapac: <https://globalwindatlas.info/> stranica posjećena: 23.09.2022.

[39] Elektroenergetska mreža na trokutu Knin-Gračac-Donji Lapac: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf), stranica posjećena: 23.09.2022.

[40] Gustoća snage zraka na potezu Omiš-Makarska: <https://globalwindatlas.info/>, stranica posjećena: 23.09.2022.

[41] Elektroenergetska mreža na potezu Omiš-Makarska: [https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji\\_plan\\_razvoja\\_hrvatske\\_prijenosne\\_mre%C5%BEe\\_2016.-2025.\\_s\\_detaljnomo\\_razradom\\_za\\_po%C4%8Detno\\_trogodi%C5%A1nje\\_i\\_jednogodi%C5%A1nje\\_razdoblje.pdf](https://www.hops.hr/page-file/i7UI68cNA4oHsgfyW8oER4/92136ad3-dfa8-4674-b6aa-3c7a0d41654c/Desetogodi%C5%A1nji_plan_razvoja_hrvatske_prijenosne_mre%C5%BEe_2016.-2025._s_detaljnomo_razradom_za_po%C4%8Detno_trogodi%C5%A1nje_i_jednogodi%C5%A1nje_razdoblje.pdf), stranica posjećena: 23.09.2022.

## SAŽETAK

Ovaj rad se bavi analizom potencijalnih lokacija za vjetroelektrane u Republici Hrvatskoj. Donosi kratki osvrt od prvih izgrađenih vjetroelektrana pa sve do njihove modernizacije i eksponencijalnog skoka u iskorištenju zelene energije. Obrađeni su ključni parametri za određivanje potencijalnih područja za izgradnju vjetroelektrana. Izvršena je usporedba stanja vjetroelektrana, od izgrađenih, pa sve do budućih planova izgradnje vjetroelektrana u hrvatskoj i svijetu. Odrađen je odabir potencijalnih lokacija na temelju ključnih parametara i sprovedena analiza svake lokacije zasebno. I za kraj doneseni su zaključci koje lokacije ostvaruju najbolje uvjete za izgradnju vjetroelektrana.

Ključne riječi: analiza, potencijalne lokacije, vjetroelektrane

## ABSTRACT

### **Potential locations for wind farms in the republic of the Croatia**

This paper describes the analysis of potential locations for wind farms in the republic of the Croatia. It provides a brief review from the first wind power plants built all the way to their modernization and the exponential jump in the use of green energy. The key parameters for determining the potential areas for the construction of wind farms were discussed. A comparison was made of the state of wind power plants, from the built ones to the future plans for the construction of wind power plants in Croatia and the world. A selection of potential locations was made based on key parameters and an analysis of each location was carried out separately. Finally, conclusions were drawn as to which locations provide the best conditions for the construction of wind farms.

Key words: analysis, potential locations, wind farms

## **ŽIVOTOPIS**

Vedran Lasko rođen je 06.09.1998. u Udbini. Nakon završene osnovne škole 2013. godine upisuje srednju školu „Ivan Švear“ u Ivanić Gradu, smjer tehničar za električne strojeve s primijenjenim računalstvom. Srednju školu završava 2017. godine i polaže državnu maturu. Iste godine, upisuje preddiplomski studij odjela za fiziku u Rijeci. Nakon 2 godine odlučuje se za promjenu smjera i 2019. upisuje preddiplomski stručni studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

---

Vedran Laslo