

# **Procjene vjetro resursa i energetskog potencijala**

**Vjetro Park Green Gvozd, Crna Gora**





**FICHTNER**

# FICHTNER

Sarweystrasse 3 • 70191 Štuttgart  
P.O. 10 14 54 • 70013 Štuttgart  
Njemačka  
Tel: +49 711 8995-0  
Fax: +49 711 8995-459  
[www.fichtner.de](http://www.fichtner.de)

Kontakt osoba: Marcela Umana-Packebusch Tel+49 711 8995-385  
E-mail: [Marcela.Umana-Packebusch@fichtner.de](mailto:Marcela.Umana-Packebusch@fichtner.de)

Rev Br.	Datum rev.	Sadržaj / izmjene i dopune	Pripremio /revidovao	Provjerio/odobrio
0	29.11.2018	Nacrt Izvještaja	Matthias Neubauer	M. Umana-Packebusch
1	19.12.2018	Revizija VTG koordinata, uključujući informacije i podatke o vjetru iz MS 302	Matthias Neubauer	M. Umana-Packebusch
2	31.01.2019	Konačan Izvještaj <ul style="list-style-type: none"><li>• Revizija VTG koordinata i visina</li><li>• Revizija modela strujanja vjetra</li><li>• Revizija dugoročne korekcije</li><li>• Dodatna PEP od 12 Nordex N149 WTG</li></ul>	Matthias Neubauer	Michael Meyer
3	20.02.2019	Konačan Izvještaj <ul style="list-style-type: none"><li>• Revizija obrade mjernih podataka</li><li>• Revizija modela strujanja vjetra</li><li>• Revizija dugoročne korekcije</li><li>• Dodatna PEP od 12 Nordex N149 WTG</li><li>• Dodatna PEP od 13 Vestas V150 WTG</li></ul>	Matthias Neubauer 	Michael Meyer 

## **ODRICANJE OD ODGOVORNOSTI**

Sadržaj ovog dokumenta je isključivo namijenjen za upotrebu Fichtner-ovog klijenta i ostalih ugovorom predviđenih primalaca. Isti se može staviti na raspolaganje u cjelosti ili djelimično trećim licima uz saglasnost klijenta i na temelju nepouzdanosti. Fichtner ne snosi odgovornosti prema trećim stranama u dijelu kompletnosti i tačnosti ovdje datih informacija.

# Table of Contents

<b>Table of Contents.....</b>	<b>4</b>
<b>Skraćenice .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Uvod.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Opis lokacije.....</b>	<b>6</b>
3.1 Topografija i kompleksnost lokacije .....	2
3.2 Površinski pokrivač .....	3
3.3 Prepreke .....	4
3.3.1 Obližnje vjetroturbine .....	4
3.4 Gustina vazduha .....	6
<b>4. Mjerenja na lokaciji.....</b>	<b>7</b>
4.1 Ocjena postavke meteorološkog stuba .....	2
4.1.1 Meteorološki stub MS 301 A.....	2
4.1.2 Meteorološki stub MS 302.....	4
4.1.3 Meteorološki stub MS 307.....	6
4.2 Vrednovanje mjernih podataka.....	8
4.2.1 NRG #40 anemometri .....	10
4.2.2 Skrining podataka .....	10
4.2.2.1 Meteorološki stub MS 301 A.....	10
4.2.2.1 Meteorološki stub MS 302.....	11
4.2.2.2 Mjerni stub MS 307 .....	16
<b>4.3 Rezultati mjerenja.....</b>	<b>18</b>
4.3.1 Mjerni stub MS 301A .....	19
4.3.1.1 Distribucija frekventnosti .....	19
4.3.1.2 Mjesečna distribucija .....	21
4.3.1.3 Vertikalno smicanje vjetra .....	25
4.3.1.4 Intenzitet ambijentalne turbulencije.....	26
4.3.2 Mjerni stub MS 302 .....	27
4.3.2.1 Distribucija frekventnosti .....	27
4.3.2.2 Mjesečna distribucija .....	30
4.3.2.3 Vertikalno smicanje vjetra .....	33
4.3.2.4 Intenzitet ambijentalne turbulencije.....	35

4.3.3	Mjerni stub MS 307 .....	36
4.3.3.2	Mjesečna distribucija .....	38
4.3.3.3	Vertikalno smicanje vjetra .....	40
4.3.3.4	Intenzitet ambijentalne turbulencije.....	45
<b>5.</b>	<b>Dugoročna procjena.....</b>	<b>47</b>
5.1	Dugoročni referentni podaci .....	47
5.1.1	Dugoročni referentni podaci Vortex-a .....	2
5.2	Reprezentativnost .....	3
5.3	Provjera konzistentnosti .....	4
5.4	Izbor dugoročnih referentnih podataka.....	5
5.5	MCP procedura (Mjeriti – Povezati – Predvidjeti).....	6
5.5.1	Predviđanje dugoročnih uslova za vjetar .....	6
5.5.2	Dugoročni uslovi za vjetar .....	9
<b>6.</b>	<b>Konfiguracija vjetroparka.....</b>	<b>11</b>
6.1	Model vjetroturbine .....	11
6.2	Dispozicija vjetroparka.....	2
6.3	Susjedni vjetroparkovi.....	8
6.4	Okolne prepreke .....	9
<b>7.</b>	<b>Modelovanje strujanja vjetra.....</b>	<b>10</b>
7.1	Model strujanja WAsP.....	10
7.1.1	WAsP parametrizacija .....	10
	Verifikacija modela strujanja .....	11
7.2	CFD WindSim Model.....	2
	Opšta metodologija.....	2
	Procjena atmosferske stabilnosti .....	4
	Parametri CFD simulacije .....	4
7.2.3.2	Postavke simulacije.....	9
	Verifikacija modela strujanja .....	10
7.2.4.2	Unakrsna predviđanja .....	10
7.3	Mapa resursa vjetra.....	12
<b>8.</b>	<b>Procjena proizvodnje energije.....</b>	<b>14</b>
8.1	Operativni gubici .....	4
8.1.1	Gubici usljed zavjetrine .....	4
8.1.2	Raspoloživost.....	4

8.1.3	Gubici proizvodnje .....	4
8.1.4	Histereza velikih brzina vjetra .....	4
8.1.5	Prilagođavanje krive snage koja je karakteristična za određenu lokaciju .....	4
8.1.6	Zaleđivanje.....	4
8.1.7	Gubici zbog ograničavanja isporučene energije .....	5
<b>9.</b>	<b>Analiza nesigurnosti.....</b>	<b>6</b>
9.1	Ukupne nesigurnosti .....	2
9.2	Vjerovatnoće prekoračenja .....	3
<b>10.</b>	<b>Odstupanja od tehničkih uputstava .....</b>	<b>10</b>
<b>11.</b>	<b>PREPORUKE .....</b>	<b>11</b>
<b>12.</b>	<b>Reference .....</b>	<b>12</b>
	Proizvodnja bruto energije .....	3
	Faktori gubitka energije .....	3
	Gubici zavjetrine .....	3
	Raspoloživost .....	5
	Elektro efikanost.....	5
	Životna sredina .....	6
	Ograničenja .....	8
<b>DODATAK B – Nesigurnosti.....</b>		<b>9</b>
	Nesigurnosti u pogledu brzine vjetra .....	9
	Mjerenje jačine vjetra – Mjerna stub.....	9
	Dugoročna procjena .....	10
	Modeliranje strujanja vjetra.....	10
	Analiza osjetljivosti .....	12
	Proizvodnja električne energije.....	12
	Ulazni podaci vjetroturbine .....	12
	Faktori gubitka energije.....	12
<b>DODATAK C – Kriva snage i potiska .....</b>		<b>13</b>
<b>DODATAK D – Obrazac Izvještaja o izvršenom pregledu lokacije .....</b>		<b>40</b>
<b>DODATAK E – Detaljni rezultati.....</b>		<b>1</b>



## List of Tables

Table 1-1:	Main results of the Energy Yield Assessment .....	1-2
Table 4-1:	Main characteristics of onsite measurements .....	4-2
Table 4-2:	Met mast setup A MS 301 A .....	4-2
Table 4-3:	Review and evaluation of met mast setup MS 301 A.....	4-3
Table 4-4:	Met mast setup A MS 302 .....	4-4
Table 4-5:	Review and evaluation of met mast setup MS 302.....	4-4
Table 4-6:	Met mast setup A MS 307 .....	4-6
Table 4-7:	Review and evaluation of met mast setup MS 307.....	4-6
Table 4-8:	Overview of anemometer calibrations MS 301 A .....	4-8
Table 4-9:	Overview of anemometer calibrations MS 302 .....	4-8
Table 4-10:	Overview of anemometer calibrations MS 307 .....	4-8
Table 4-11:	Monthly data availability of the primary sensors .....	4-10
Table 4-12:	In-situ test MS 301A.....	4-10
Table 4-13:	Monthly data availability of the primary sensors .....	4-11
Table 4-14:	In-situ test MS 302.....	4-13
Table 4-15:	Monthly data availability of the primary sensors .....	4-13
Table 4-16:	In-situ test MS 307.....	4-14
Table 4-17:	Sector-wise Weibull distribution of the primary anemometer.....	4-15
Table 4-18:	Measurement results of the top combined anemometer (cleaned).....	4-17
Table 4-19:	Weibull parameters obtained at 60 m .....	4-18
Table 4-20:	Sector-wise Weibull distribution of the primary anemometer.....	4-20
Table 4-21:	Measurement results of the top combined anemometer (cleaned).....	4-22
Table 4-22:	Weibull parameters obtained at 84m .....	4-23
Table 4-23:	Sector-wise Weibull distribution of the primary anemometer.....	4-25
Table 4-24:	Measurement results of the top anemometer (cleaned) .....	4-27
Table 4-25:	Atmospheric stability classification based on the vertical wind shear exponent .....	4-28
Table 5-1:	Relevant long-term data sources.....	5-2
Table 5-2:	Correlations results .....	5-3
Table 5-2:	Long-term mean wind speed obtained at 84m.....	5-7
Table 6-1:	Specifications of WTG model for Green Gvozd Wind Farm.....	6-1
Table 6-2:	Wind Farm Layout and Coordinates.....	6-3
Table 6-3:	Inter-turbine Distances with rotor diameter of 130 m .....	6-3
Table 6-4:	Wind Farm Layout and Coordinates for 12 Nordex N149 .....	6-4
Table 7-1:	WASP flow model cross-prediction results .....	7-1
Table 7-2:	Distribution of the first 10 nodes in z-direction (relative to the ground) at the position with maximum and minimum elevation. ....	7-4
Table 7-3:	Model domain and grid parameters .....	7-5
Table 7-4:	Simulation settings.....	7-6
Table 7-5:	WindSim flow model cross-prediction results.....	7-7
Table 8-1:	Annual energy production of WF Gvozd .....	8-1
Table 8-2:	Annual energy production and operational losses .....	8-2
Table 9-1:	Uncertainty analysis.....	9-2
Table 9-2:	Probabilities of exceedance (10 years) .....	9-3



## List of Figures

Figure 3-1:	Pictures of the Project area .....	3-1
Figure 3-2:	Location of the Project.....	3-2
Figure 3-3:	Provided digital elevation model of the Project area (red symbols show the location of the planned wind turbines, blue symbols show neighboring wind turbines) .....	3-3
Figure 3-4:	Surface roughness map of the model area .....	3-4
Figure 3-5:	Neighboring wind turbines considered for the project .....	3-5
Figure 4-1:	Met mast locations in the Project area .....	4-1
Figure 4-2:	Tower shading pattern 60m anemometers .....	4-11
Figure 4-3:	Tower shading pattern 40m anemometers .....	4-12
Figure 4-4:	Weibull distribution primary anemometer.....	4-15
Figure 4-5:	Direction distribution.....	4-16
Figure 4-6:	Monthly distribution .....	4-16
Figure 4-7:	Vertical wind shear profile .....	4-19
Figure 4-8:	Representative turbulence intensity at 60m .....	4-20
Figure 4-9:	Weibull distribution primary anemometer.....	4-21
Figure 4-10:	Direction distribution.....	4-21
Figure 4-11:	Monthly distribution .....	4-22
Figure 4-12:	Vertical wind shear profile .....	4-24
Figure 4-13:	Representative turbulence intensity at 60m .....	4-24
Figure 4-14:	Weibull distribution primary anemometer.....	4-25
Figure 4-15:	Direction distribution.....	4-26
Figure 4-16:	Monthly distribution .....	4-26
Figure 4-17:	Influence of atmospheric stability on vertical wind shear (dashed line: neutral; solid line: stable; dot-and-dashed line: unstable) (Source: [4]).	4-28
Figure 4-18:	Vertical wind shear profile .....	4-29
Figure 4-19:	Representative turbulence intensity estimated at 84m.....	4-30
Figure 5-1:	12-month moving average wind speed of selected relevant long- term reference datasets in concurrent period .....	5-3
Figure 5-2:	Comparison of the distribution during the considered measurement period MS 302 met mast - measured vs. long-term corrected with Vortex ERA5	5
Figure 5-3:	Comparison of the distribution during the considered measurement period MS 302 met mast - measured vs. long-term corrected with Vortex CFSR	5
Figure 5-4:	Comparison of the distribution during the considered measurement period MS 307 met mast - measured vs. long-term corrected with CFSR.....	5-6
Figure 5-5:	Comparison of the distribution during the considered measurement period MS 307 met mast - measured vs. long- term corrected with Vortex MERRA2 .....	5-6
Figure 6-1:	Layout WF Gvozd with 16 WTG with 130 m rotor diameter .....	6-5
Figure 6-2:	Layout WF Gvozd with 13 Vestas V136.....	6-5
Figure 6-3:	Layout WF Gvozd with 13 Vestas V150.....	6-6

Figure 6-4:	Layout WF Gvozhd with 12 Nordex N149-4.5 .....	6-6
Figure 7-1:	Horizontal grid within the model domain with refinement area in the center .....	7-4
Figure 7-2:	Vertical grid with expanding grid size on z-direction .....	7-5

Figure 7-3:	Sector-wise vertical wind profile - measured vs. modeled at location of 307 relevant sectors are highlighted (Source: Windographer) .....	7-7
Figure 7-4:	Wind resource map from WindSim .....	7-8
Figure 7-5:	Wind resource map from WAsP .....	7-9

## Skraćenice

AEP	Godišnja proizvodnja energije ( <i>Annual Energy Production</i> )
CFD	Računarska dinamika fluida ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> )
CFSR	Reanaliza sistema klimatske prognoze ( <i>Climate Forecast System Reanalysis</i> )
DFW	Samopobudne vibracije uzrokovane suvim trenjem ( <i>Dry Friction Whip</i> )
E	Istok ( <i>East</i> )
ENE	Istok-sjeveroistok ( <i>East-northeast</i> )
ERA5	ERA verzija br. 5 ( <i>ERA Version 5</i> )
ESE	Istok - jugoistok ( <i>East-southeast</i> )
FGW	Njemačka nevladina organizacija za vjetroatrustriju ( <i>Fördergesellschaft Windenergie (German NGO for the wind industry)</i> )
IEC	Međunarodna elektrotehnička komisija ( <i>International Electrotechnical Commission</i> )
MCP	MCP modul (Izmjeriti – Povezati – Predvidjeti) ( <i>Measure-Correlate-Predict</i> )
MEASNET	Mjerna mreža instituta za vjetroatrustriju ( <i>Measuring Network of Wind Energy Institutes</i> )
MERRA	Moderna retrospektivna analiza za istraživanje i primjenu ( <i>Modern-era retrospective analysis for research and applications</i> )
N	Sjever ( <i>North</i> )
NNE	Sjever-sjeveroistok ( <i>North-northeast</i> )
NNW	Sjever-sjeverozapad ( <i>North-northwest</i> )
RD	Prečnik rotora ( <i>Rotor Diameter</i> )
RELRL	Istraživačka laboratorija za obnovljivu energiju ( <i>Renewable Energy Research Laboratory</i> )
RIX	Indeks hrapavosti ( <i>Ruggedness Index</i> )
S	Jug ( <i>South</i> )
SSE	Jug-jugoistok ( <i>South-southeast</i> )
SSW	Jug-jugozapad ( <i>South-southwest</i> )
UTM	Univerzalni transferzalni Merkatorov koordinatni sistem ( <i>Universal Transverse Mercator</i> )
W	Zapad ( <i>West</i> )
WASP	WASP Program (Program za analizu i primjenu atlasa vjetrova) ( <i>Wind Atlas Analysis and Application Program</i> )
WGS84	Svjetski geodetski sistem iz 1984. godine ( <i>World Geodetic System 1984</i> )
WNW	Zapad - sjeverozapad ( <i>West-northwest</i> )
WRF	Istraživanje i prognoza vremena ( <i>Weather Research and Forecasting</i> )
WSW	Zapad - jugozapad ( <i>West-southwest</i> )
WTG	Turbinski vjetroatrustri generator ( <i>Wind Turbine Generator</i> )

## Simboli i jedinice mjere

kg/m <sup>3</sup>	Kilogram po metru kubnom
km	Kilometara
kW	Kilovat
m	Metara
m.a.s.l	Metara nadmorske visine

min	Minut
m/s	Metara po sekundi
MW	Megavat
MWh/a	Megavat-sati godišnje
°	Stepen

## 1. Kratak pregled

IVICOM Holding GmbH (Klijent) gradi vjetropark snage 55 MW smješten u Crnoj Gori.

Od Fichtnera se traži da izradi proračune proizvodnje električne energije kao i ocjenu pogodnosti različitih modela vjetroturbina za predviđenu lokaciju Projekta.

Lokalitet vjetroparka nalazi se na kompleksnom terenu. Vjetropark u izgradnji produžetak je vjetroparka Krnovo snage 72MW koji je već u pogonu i nalazi se u blizini sjeverne granice projekta.

Klijent je konačnu konfiguraciju turbina i dispoziciju predloženog vjetroparka odabrao na osnovu rezultata proizvodnje energije dobijenih za različite modele turbina, a koje je izračunao Fichtner. Konačna konfiguracija po izboru klijenta obuhvata 13 Vestas turbina V136-4.0MW pojačano na 4.2MW pri 112 m HH (visina glavčine rotora vjetroturbine).

Kako bi se utvrdili uslovi u pogledu vjetra a za potrebe vjetroparka, korišćeni su mjerni podaci sa 84m visokog mjernog stuba koji je ugrađen u područje vjetroparka kao i mjerni podaci sa 60m visokog mjernog stuba koji je uklonjen 2011. Kao referentni podaci korišćeni su podaci dobijeni tokom kampanje mjerenja koja je trajala sedam godina. Kako bi se izbjegla nepouzdanost podataka izazvana sezonskim uticajima, među podacima dobijenim sa dva najreprezentativnija meteorološka stuba odabran je vremenski period od 24 mjeseca (MS 302, MS 307).

Mjerni podaci dobijeni sa MS 302 i MS 307 dugoročno su prilagođeni kroz MCP modul pri čemu je mezoskalne podatke pripremio Vortex .

Pored podataka dobijenih sa meteoroloških stubova, za modelovanje struja vjetra korišćene su digitalizovane topografske mape i mape hrapavosti. Izvršena je horizontalna i vertikalna ekstrapolacija uz upotrebu Evropskog atlasa vjetra (WasP) i CFD WindSim modela zbog kompleksnosti terena na lokaciji.

Posjeta predloženoj lokaciji vjetroparka izvršena je 5. oktobra 2018. godine.

U tabeli u nastavku dat je pregled turbinskih vjetrogeneratora i dobijenih rezultata.

**Tabela 1-1: Glavni rezultati Procjene proizvodnje energije**

<b>VTG</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Vestas V136-4.0MW povećano 4.2 MW</b>
Nominalna snaga	[MW]	4,000
Broj turbina	-	13
Instalisana snaga vjetroparka	[MW]	52.0
Visina glavčine rotora vjetroturbine	[m]	112
IEC klasa vjetrogeneratora	-	S
Prosječna brzina vjetra na visini glavčine rotora	[m/s]	7.17
<b>P50 bruto, isključujući efekat zavjetrine</b>	<b>[MWh/a]</b>	<b>172,203</b>
Bruto faktor snage	[%]	36.0
<b>Ukupni gubici</b>	<b>[%]</b>	<b>11.1</b>
<b>P50 neto godišnja proizvodnja el. energ.</b>	<b>[MWh/a]</b>	<b>153,045</b>
Neto faktor snage	[%]	32,0
Nepouzdanost (10 godina)	[%]	11.0
P75 neto godišnja proizvodnja el. energ.	[MWh/a]	141,690
P90 neto godišnja proizvodnja el. energ.	[MWh/a]	131,470

## 2. Uvod

IVICOM Holding GmbH (Klijent) gradi vjetropark snage 55 MW smješten u Crnoj Gori.

Planirana je ugradnja najviše 16 turbinskih vjetrogeneratora tokom realizacije Projekta. Klijent je razmatrao ugradnju vjetroturbina nekog od sljedećih proizvođača:

- Vestas
- Nordex
- GE
- Enercon
- Siemens
- Senvion

Dispozicija vjetroparka je utvrđena usljed postojanja prostornog plana i riješenih imovinsko-pravnih odnosa. Klijent je zatražio sprovođenje studije pogonosti lokacije za najpogodniji model vjetroturbine za svih šest proizvođača.

Nakon što su klijentu dostavljeni rezultati proizvodnje električne energije, odabrao je konfiguraciju sa 13 Vestas V136-4.0 MW sa pojačanjem 4.2MW na visini glavčine rotora od 112m (nominalna instalisana snaga 52.0 MW) za potrebe konačne procjene proizvodnje energije koja se realizuje u okviru ovog Izvještaja, uključujući i tehničke gubitke, kao i analizu nesigurnosti.

Ocjenom je pokriven sljedeći obim aktivnosti:

- Posjeta lokaciji;
- Obrada i ocjena dostupnih podataka o mjerenjima vjetra;
- Dugoročna analiza obrađenih mjernih podataka;
- Modelovanje strujanja vjetra na lokaciji putem modela evropskog atlasa vjetrova (WAsP);
- Modelovanje strujanja vjetra na lokaciji CFD simulacijom (WindSim verzija 9.0.0);
- Ocjena lokacije i odabir vjetroturbina;
- Procjena proizvodnje energije;
- Modeliranje gubitaka usljed efekta zavjetrine;
- Proračun ili procjena tehničkih gubitaka u budućnosti;
- Analiza nepouzdanosti i proračun mogućnost prevazilaženja proizvodnje energije; i
- Izvještavanje

Ocjena izvora vjetra i proizvodnje energije vršena je u skladu sa sljedećim smjernicama i standardima:

- IEC – Standardi (IEC 61400-1, IEC 61400-12, IEC 61400-12-1)
- MEASNET – Smjernice – „Evaluacija uslova vjetra na



predmetnoj lokaciji“

- FGW – Tehničke smjernice – TR6 – „Utvrdjivanje vjetropotencijala i proizvodnje energije“ (njemačke smjernice)

Klijent je obezbijedio dispoziciju predloženog vjetroparka kao i mjerne podatke sa lokacije.

Fichtner je posjetio lokaciju predloženog Projekta 5. oktobra 2018. godine.

Tokom posjete lokaciji, izvršen je pregled i snimanje projektnog područja kao i fotografsko dokumentovanje. Izvršeno je poređenje topografije i hrapavosti terena lokacije sa dostupnim kartama/satelitskim snimcima i predmetne informacije su dopunjene prikupljenim podacima (prepreke, vegetacija). Pregledane su i lokacije meteoroloških stubova.

### 3. Opis lokacije

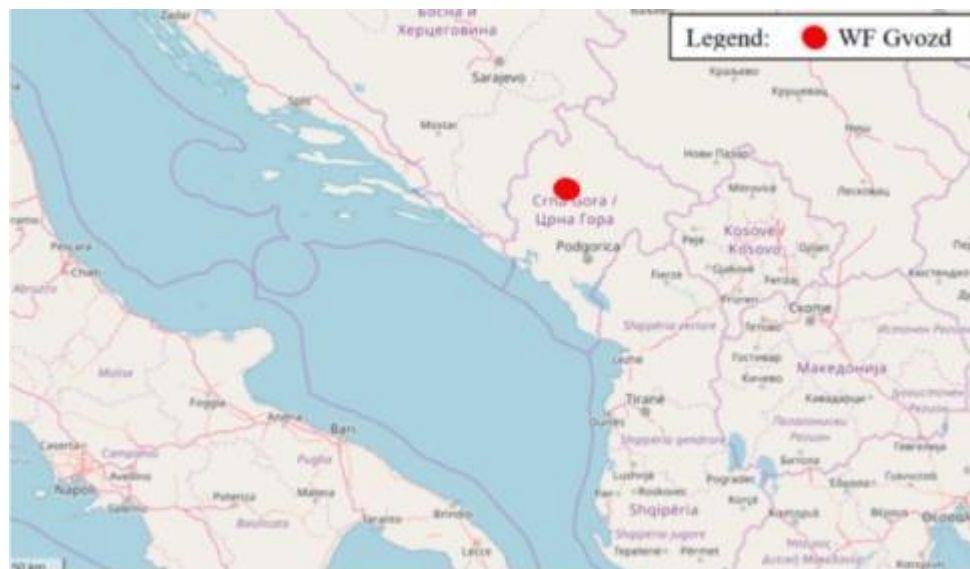
Projekat je smješten u opštini Nikšić.

U nastavku su date fotografije projektnog područja načinjene tokom posjete lokaciji. Izvještaj o pregledu lokacije dostavljen je u Dodatku D.



**Slika 3-1: Fotografije Projektnog područja**

Lokacija projekta predstavljena je na slici 3-2.

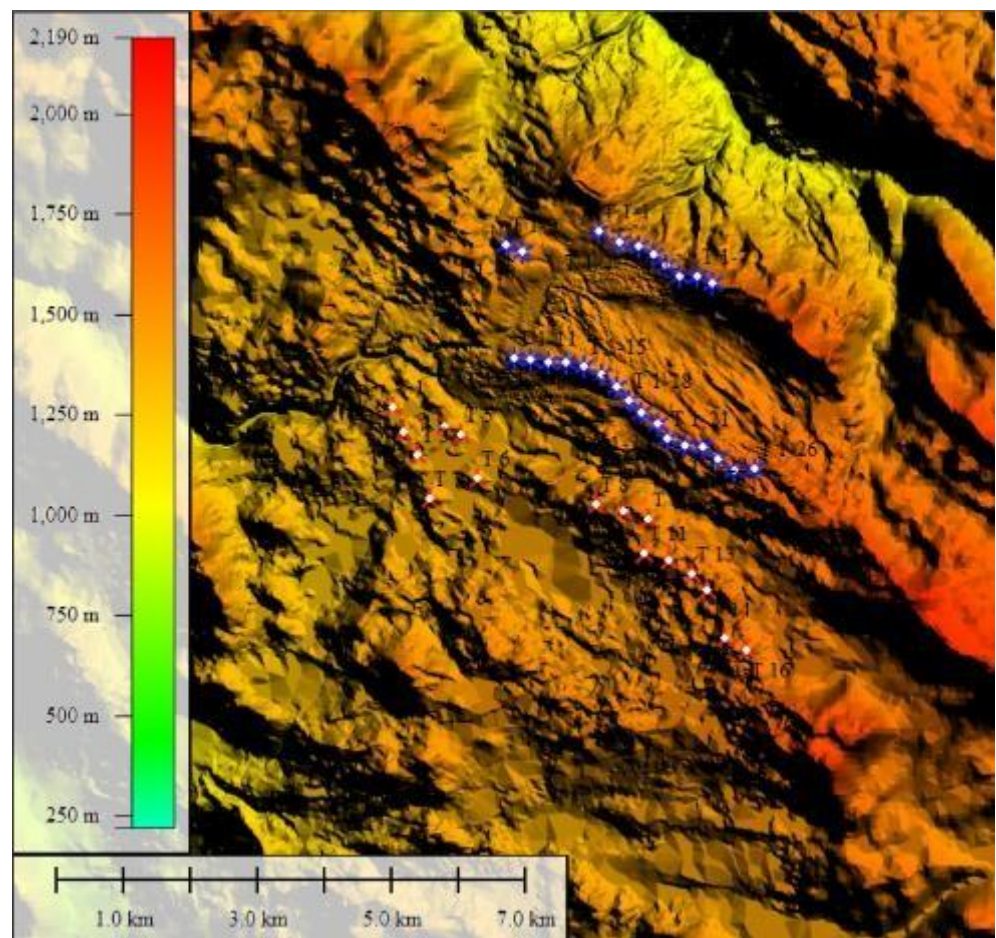


Slika br. 3-2: Lokacija Projekta (mapa u pozadini: OpenStreetMap)

### 3.1 Topografija i kompleksnost lokacije

Klijent je obezbijedio digitalnu mapu visinskih kontura koja pokriva područje Projekta u formatu \*.map i prostire se preko područja od 40km x 40 km okvirno, sa vertikalnom rezolucijom od 10m.

Mapa visinskih kontura korišćena je za polazne informacije za modeliranje strujanja vjetra na lokaciji. Topografija lokacije projekta predstavljena je na sljedećoj slici.



**Slika 3-3: Dostavljeni digitalni model uzvišenja Projektnog područja (crveni simboli označavaju lokaciju planiranih vjetroturbina, plavi simboli označavaju obližnje vjetroturbine)**

Oštri nagibi uočeni su na kao i u okolini Projektnog područja. Ovo može uzrokovati separaciju strujanja a što može uticati na tačnost modeliranja strujanja vjetra i određuje odabir odgovarajućeg modela simuliranja strujanja.

Uopšte uzev, lokacije turbinskih vjetrogeneratora smatraju se kompleksnim ukoliko u okruženju predmetne lokacije postoje nagibi veći od  $10^\circ$  i/ili značajne razlike u visini (u poređenju sa visinom glavčine rotora vjetroturbine). Kako bi se utvrdile kompleksne lokacije turbinskih vjetrogeneratora, izvršena je provjera kompleksnosti u skladu sa standardom IEC 61400 [1]. Provjerom kompleksnosti terena vrši se analiza kružne ravnice čiji prečnik određuje visina glavčine rotora.

Dobijeni rezultati pokazuju da je **šest planiranih lokacija turbinskih vjetrogeneratora kompleksno.**

## 3.2 Površinski pokrivač

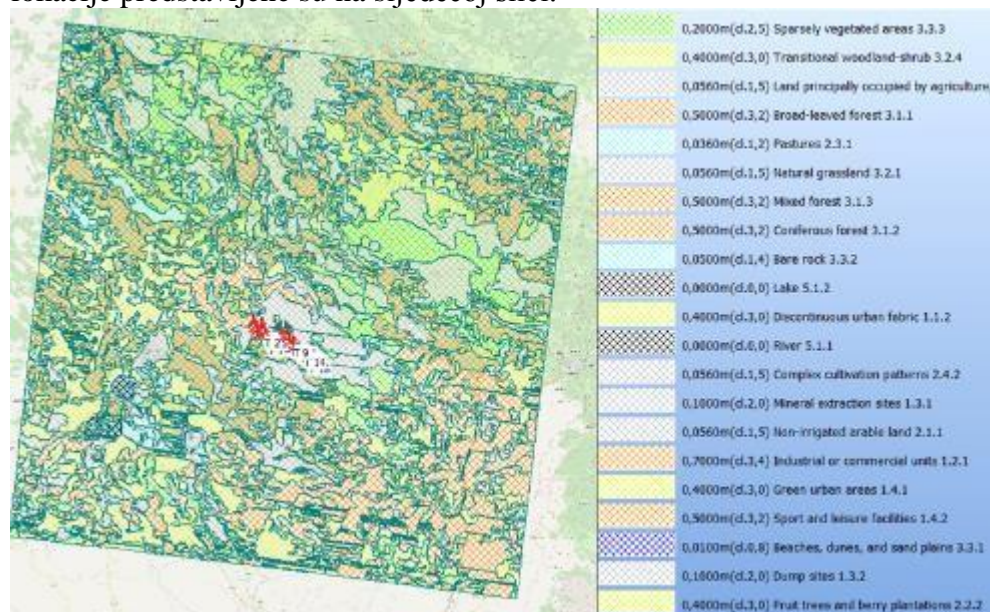
Oblasti koje određuju hrapavost terena dobijene su iz programa CORINE zemljišni pokrivač 2012 (Koordinisane informacije o



životnoj sredini )<sup>1</sup> sa rezolucijom od 100m. Ovaj program proizvodi i isporučuje Evropska agencija za životnu sredinu (European Environmental Agency – EEA)

Analizirana je ukupna površina područja dimenzija 60km x 60km koja okružuje lokaciju projekta. Pozadinska dužina hrapavosti definisana je na 0.0548m.

Razmatrane klase hrapavosti na i u okolini projektne lokacije predstavljene su na sljedećoj slici.



Slika 3-4: Mapa hrapavosti tla modela područja

### 3.3 Prepreke

#### 3.3.1 Obližnje vjetroturbine

Prilikom modeliranja spoljnih / budućih efekata zavjetrine u obzir će se uzeti, u najmanjem, obližnje vjetroturbine koje se nalaze u radijusu od 20 prečnika rotora oko posmatranog turbinskog vjetrogeneratora. Čak je preporuka da se u obzir uzmu svi obližnji turbinski vjetrogeneratori na udaljenosti do 50 prečnika rotora [2].

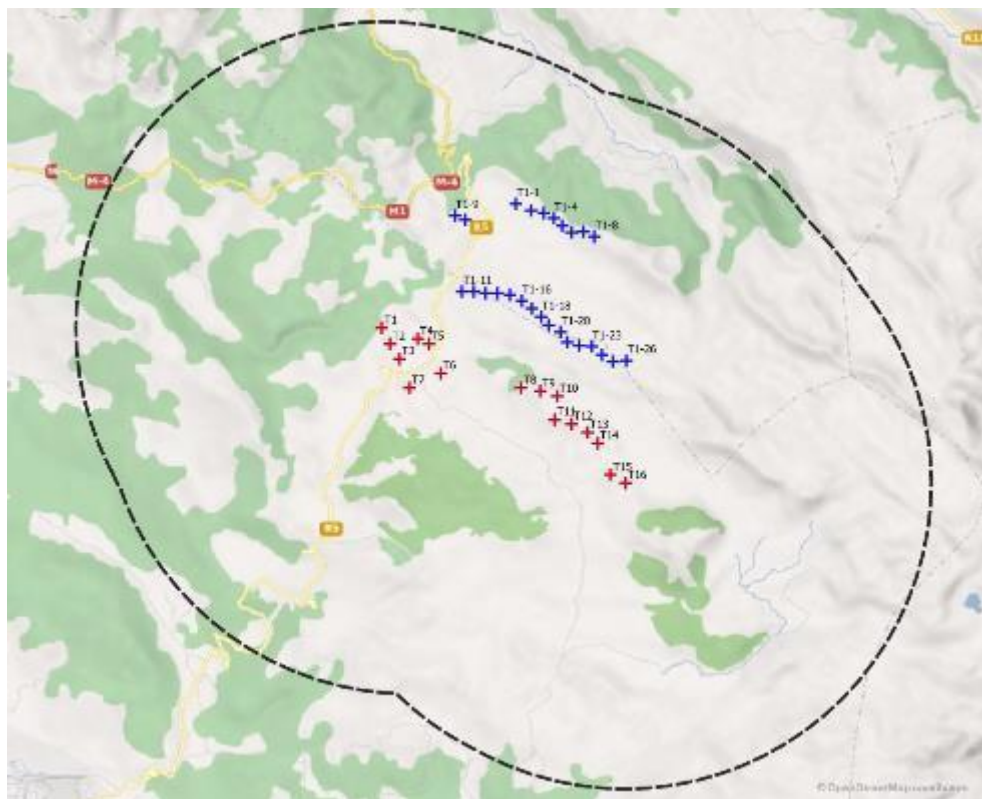
Informacije o obližnjim vjetroturbinama u pogonu dostavio je Klijent. Ove vjetroturbine smatraju se postojećim vjetroturbinama prilikom procjene spoljenjeg efekta zavjetrine. Obližnji turbinski vjetrogeneratori pripadaju vjetroparku Krnovo i svih 26 turbina su GE 2.85MW – 103 vjetroturbine sa visinom glavčine rotora od 86 m.

Fichtner nema informacija o drugim obližnjim vjetroturbinama koje su trenutno u pogonu ili se grade.

---

<sup>1</sup> Corine zemljišni pokrivač (CLC) 2012, verzija 18.5.1. Dobijeno vizuelnom interpretacijom satelitskih snimaka visoke rezolucije.

Na slici br. 3-5 prikazane su sve prepoznate obližnje vjetroturbine u radijusu od 50 prečnika rotora oko svih planiranih vjetroturbina. Sve identifikovane obližnje vjetroturbine uzete su u obzir prilikom modeliranja spoljnih gubitaka Projekta usljed zavjetrine.



Slika 3.5: Obližnje vjetroturbine analizirane za potrebe Projekta

### 3.4 Gustina vazduha

Procijenjena prosječna gustina vazduha za lokacije turbinskih vjetrogeneratora Projekta iznosi 1.052 kg/m<sup>3</sup> na osnovu podataka sa lokacije kao i dugoročnih referentnih podataka. Krivulja snage vjetroturbine prilagođena je prosječnoj gustini vazduha na lokaciji pri visini glavčine rotora za svaku lokaciju turbinskih vjetrogeneratora, u skladu sa IEC standardom [4].



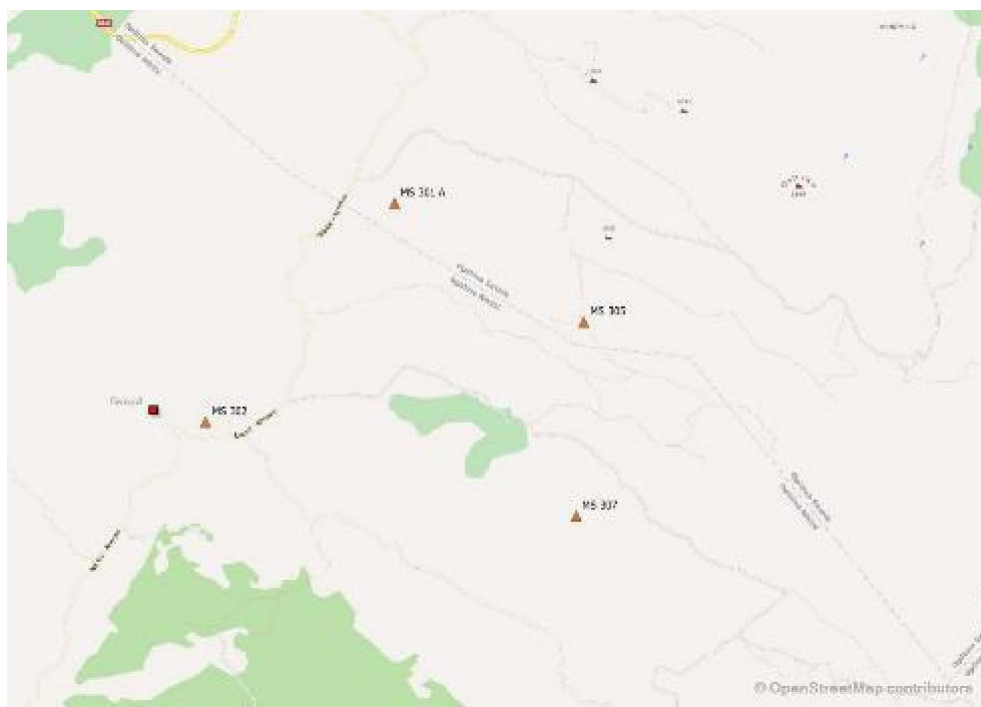
## 4. Mjerenja na lokaciji

Kampanja mjerenja realizovana je preko četiri meteorološka (mjerna) stuba od kojih su tri odabrana za ocjenu izvora vjetroenergije za predviđeni vjetropark.

Pregled lokacija mjernih stubova dat je na slici 4-1.

MS 305 nije korišćen jer se nalazi između vjetroturbina vjetroparka Krnovo i ima mjernu visinu od svega 34 m.

Stoga je procjena podataka realizovana za tri mjerna stuba smještena na tri različite lokacije u okviru lokacije projekta - MS 301A, MS 302 i MS 307.



**Slika 4-1: Lokacije meteoroloških (mjernih) stubova u Projektном području**

Tokom posjete lokaciji potvrđene su koordinate mjernih stubova. U tabeli u nastavku dat je rezime osnovnih karakteristika meteoroloških stubova u skladu sa dostupnom dokumentacijom koju je obezbijedio Klijent kao i uvidom tokom posjete lokaciji.

**Tabela 4-1: Osnovne karakteristike mjerenja na lokaciji**

Stavka	Jedinica	MS 301 A	MS 302	MS 307
Pozicija	Istok [m]	19.098112°	19.076252°	19.11854°
Geo WGS84	Sjever [m]	42.880717°	42.862532°	42.85428°
Nadmorska visina	[m.n.v.]	1,477	1,410	1,570
Visina	[m]	60	60	84
Visina anemometra	[m]	60, 48, 32	60, 50, 48, 40	84, 80, 60, 40, 20
Visina lopatica	[m]	59, 50	60, 50	78,58
Temperaturna visina	[m]	6	6	10
Visina pritiska	[m]	6	6	4
Datum ugradnje	-	07.09.2011	07.09.2008	23.10.2015
Period dostupnosti podataka	[od]	07.09.2011	07.09.2008	23.10.2015
	[do]	U pogonu	24.04.2011	U pogonu
Trajanje	[godina]	7 godina	2god. 7mjes.	3god. 11mjes.
Dužina vremenskog koraka	[min]	10	10	10
Status	-	U pogonu	rastavljen	U pogonu

## 4.1 Ocjena postavke meteorološkog stuba

### 4.1.1 Meteorološki stub MS 301 A

Procjena konfiguracije i postavke mjernog stuba realizuje se na osnovu informacija sadržanih u dostupnoj dokumentaciji. Pregled mjernog stuba izvršen je tokom posjete lokaciji.

Tokom posjete lokaciji realizovano je i fotografsko dokumentovanje mjernog stuba.

Pregled instrumentacije montirane na stuba dat je u tabeli u nastavku. .

**Tabela 4-2: Postavka meteorološkog stuba A MS 301 A**

Parametar	Instrument	Visina mjerenja	Orijentacija bandere
Brzina vjetra	NRG #40C	60	90
Brzina vjetra	NRG #40C	60	270
Brzina vjetra	NRG #40C	48	90
Brzina vjetra	NRG #40C	48	270
Brzina vjetra	NRG #40C	32	90
Brzina vjetra	NRG #40C	32	270
Pravac vjetra	NRG #030P	58.5	193°
Pravac vjetra	NRG #030P	49.5	183°

U tabeli u nastavku dat je pregled konfiguracije i postavke mjernog stuba.

**Tabela 4-3: Pregled i ocjena postavke meteorološkog stuba MS 301 A**

Stavka	Opis	Ocjena
<b>Postavka stuba</b>		
Tip stuba	Cjevasti	-
Tip anemometra	<ul style="list-style-type: none"> <li>NRG#40C</li> </ul>	Samo jedan tip anemometra ugrađen na najvećoj visini
Model lopatica	NRG#030P	-
Gromobran	Vidljiv na fotografijama tornja, gromobran je ugrađen na vrhu, između dva senzora	Da li je rad gornjih anemometara neometan? Ne
Položaj bandere	<u>Mjerenje pri vrhu:</u> Dostupna su dva gornja anemometra	Obično se preporučuje ugradnja dva anemometra na vrhu mjernog stuba kako bi se obezbijedila redundantnost i omogućila provjera konzistentnosti anemometra.
	Orijentacija bandere 90° i 270°; glavni pravac vjetra jeste sjeveroistok - istok (45°) sa snažnom komponentom jug-jugozapad (210°) što znači da bandere nijesu optimalno postavljene. Kod cjevastih stubova je bitno da bandera bude postavljena na 45° u odnosu na glavni pravac vjetra kako bi se osigurale najmanje moguće smetnje	Da li je orijentacija bandera optimalna imajući u vidu tip stuba i glavni pravac vjetra? Da.
	Udaljenost između konstrukcije stuba i senzora : 1.53m i 2.4m (preporučena najmanja i najveća udaljenost između senzora od 2.5m do 4.0m)	Dužina horizontalnih bandera ispunjava preporučenu udaljenost između gornjih anemometara? Ne.
Visina mjerenja	Visina mjerenja kod gornjeg anemometra iznosi 60m. Anemometri su postavljeni na tri različite visine, dok su lopatice postavljene na dvije različite.	Dovoljno za visinu glavčine rotora (2/3 visine glavčine rotora kao minimalna preporučena visina)? Ne.
<b>Oprema</b>		
Kalibracija opreme	Svi anemometri su kalibrisani prije ugradnje.	Kalibraciju anemometara realizovala kompanija koju je akreditovao MEASNET? Ne. <b>Primjedba:</b> NRG anemometri su kalibrisani u skladu sa ISO/IEC 17025: 2005
Izmjene opreme	U skladu sa dostupnim izvještajima o održavanju, realizovane su sljedeće izmjene: <ul style="list-style-type: none"> <li>Nema izvještaja o izmjenama bilo koje vrste</li> </ul>	U skladu sa smjernicama Measnet-a, ponovna kalibracija anemometara vrši se nakon 12 mjeseci ili se, alternativno, vrši tzv. in-situ ispitivanje kako bi se provjerila kalibraciona konzistentnost senzora.
DFW	Kod više od 50 000 anemometara NRG#40 koji su proizvedeni u periodu od maja 2006. godine do decembra 2008. godine uočeno je usporavanje u radu usljed samopobudnih vibracija izazvanih suvim trenjem ( <i>dry friction whip</i> ). Uzrok ovome leži u izmjeni specifikacija prilikom izrade statora anemometra [5]. Može se desiti da anemometri sa ovim problemom pokazuju brzinu vjetra manju od stvarne. Anemometri kod kojih se javlja ova pojava imaju serijske brojeve između 29,000 i 94,999.	Da li se na osnovu serijskog broja, može zaključiti da su pod uticajem DFW-a? Ne.
<b>Lokacija stuba</b>		
Lokacija i reprezentativnost	Meteorološki stub MS 301 A smješten je u sjevernom dijelu lokacije; najveća udaljenost između mjernog stuba i novog turbinskog vjetrogeneratora T5 iznosi 1 850m.	Da li se lokacija mjernog stuba smatra reprezentativnom za zapadni dio vjetroparka? Da.
Topografija okoline	Lokacija se nalazi na platou sa blagim nagibom ka sjeveroistoku i jugozapadu. Lokacija je okružena pašnjakom.	Pogodnost WASP-a analizirana je u odjeljku 7.1.1
Prepreke	Postoje četiri turbinska vjetrogeneratora na udaljenosti manjoj od 600 od mjernog stuba, južno.	Podaci o vjetru mogu biti pod snažnim uticajem postojećih WTG-a, naročito podaci o vjetru iz pravca jugoistoka ka jugozapadu
Hrapavost u okruženju	U blizini lokacije nema drveća, samo slaba trava (0.5m). U pravcu jugozapada nalazi se omanje drveće i mala koliba (<10m visine, <200m udaljenost).	-
<b>Zaključak</b>		
Shodno dostupnim informacijama, dizajn i konfiguracija mjernih stubova nijesu u potpunosti u skladu sa standardom IEC 61400-12-1 [4] i smjernicama MEASNET [5]. Ovo je obrađeno u analizi nepouzdanosti (nesigurnosti).		

#### 4.1.2 Meteorološki stub MS 302

Ocjena konfiguracije i položaja mjernog stuba vršena je na osnovu informacija sadržanih u dostupnoj dokumentaciji. Meteorološki stub je uklonjen u septembru 2011. godine.

Uočeno je da su raspoloživi izvještaji o ugradnji nepotpuni: nedostaje podatak o prečniku bandere. Ovo je rezultiralo većom nepouzdanosti u vezi sa kvalitetom dokumentacije za mjerne stubove. U dnevniku mjerenja zabilježena su povremena pomjeranja bandere od 29. oktobra 2008. godine u 2:00h kod lopatice V1. Stoga, podaci sa ovog senzora nijesu korišćeni.

Pregled instrumenata montiranih na stub dat je u sljedećoj tabeli:

**Tabela 4-4: Položaj mjernog stuba A MS 302**

Parametar	Instrument	Visina mjerenja	Orientacija bandere
Brzina vjetra	Thies 1. klasa	60	270
Brzina vjetra	NRG #40C	60	180
Brzina vjetra	NRG #40C	50	180
Brzina vjetra	NRG #40C	48	180
Brzina vjetra	NRG #40C	40	0
Brzina vjetra	NRG #40C	40	180
Pravac vjetra	NRG #030P	60	0
Pravac vjetra	NRG #030P	50	0

U tabeli u nastavku dat je pregled konfiguracije i postavke mjernog stuba.

**Tabela 4-5: Pregled i ocjena položaja mjernog stuba MS 302**

Stavka	Opis	Ocjena
<b>Postavka stuba</b>		
Tip stuba	Cjevasti	-
Tip anemometra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thies 1. klasa</li> <li>NRG#40C</li> </ul>	Dva različita modela anemometra ugrađena su na vrhu, kalibrisana u različitim postrojenjima čime se izbjegava nepouzdanost u mjerenjima brzine vjetra.
Model lopatica	NRG#030P	-
Gromobran	Vidljiv na fotografijama stuba, gromobran je ugrađen na vrhu, između dva senzora	Da li je rad gornjih anemometara neometan? Ne.
Položaj bandere	<u>Mjerenje pri vrhu:</u> Dostupna su dva gornja anemometra	Obično se preporučuje ugradnja dva anemometra na vrhu meteorološkog stuba kako bi se obezbijedila redundantnost i omogućila provjera konzistentnosti anemometra.
	Orientacija bandera 270° i 180°; glavni pravac vjetra jeste sjeveroistok (30°) sa snažnom jugozapadnom komponentom (210°) što znači da bandere nijesu optimalno postavljene. Kod cjevastih stubova je bitno da bandera bude postavljena na 45° u odnosu na glavni pravac vjetra kako bi se dobili najmanji mogući poremećaji.	Da li je orientacija bandera optimalna imajući u vidu tip stuba i glavni pravac vjetra? Ne.
	Udaljenost između konstrukcije stuba i senzora : 1.5m (preporučena najmanja i najveća udaljenost između senzora od 2.5m do 4.0m)	Dužina horizontalnih bandera ispunjava preporučenu udaljenost između gornjih anemometara? Ne.

Visina mjerenja	Visina mjerenja kod vršnog anemometra iznosi 60m; Anemometri su postavljeni na četiri različite visine; lopatice na dvije različite visine.	Dovoljno za visinu glavčine rotora (2/3 visine glavčine rotora kao minimalna preporučena visina)? Ne.
<b>Oprema</b>		
Kalibracija opreme	Svi anemometri su kalibrisani prije ugradnje.	Kalibraciju anemometara realizovala kompanija koju je akreditovao MEASNET? Ne. <b>Primjedba:</b> Thies anemometar posjeduje samo sertifikat o pregledu; NRG anemometri su kalibrisani u skladu sa standardima ISO 17713-1, IEC 61400-12-1;
Izmjene opreme	U skladu sa dostupnim izvještajima o održavanju, realizovane su sljedeće izmjene: <ul style="list-style-type: none"> <li>An1 nije pojedinačno kalibrisan</li> <li>V1: povremeno pomjeranje bandere; nevažeći podaci od 29.10.2008. u 02:00</li> </ul>	U skladu sa smjernicama Measnet-a, ponovna kalibracija anemometara vrši se nakon 12 mjeseci ili se, alternativno, vrši tzv. in-situ ispitivanje kako bi se provjerila kalibraciona konzistentnost senzora.
DFW	Kod više od 50 000 anemometara NRG#40 koji su proizvedeni u periodu od maja 2006. godine do decembra 2008. godine uočeno je usporavanje u radu usljed samopobudnih vibracija izazvanih suvim trenjem ( <i>dry friction whip</i> ). Uzrok ovome leži u izmjeni specifikacija prilikom izrade statora anemometra [5]. Može se desiti da anemometri sa ovim problemom pokazuju brzinu vjetra manju od stvarne. Anemometri kod kojih se javlja ova pojava imaju serijske brojeve između 29,000 i 94,999	Da li se na osnovu serijskog broja može zaključiti da su pod uticajem DFW-a? Da.  Moguće je da su An2, An3, An4, An5 i An6 pretrpjeli uticaj.
<b>Lokacija stuba</b>		
Lokacija i reprezentativnost	Meteorološki stub MS 302 smješten je u sjevernom dijelu lokacije;	Da li se lokacija met. stuba smatra reprezentativnom za zapadni dio vjetroparka? Da.
Topografija okoline	U blizini lokacije nema drveća, samo slaba trava (0.2m).	Pogodnost WAsP-a analizirana je u odjeljku 7.1.1
Prepreke	Na lokaciji mjernog stuba ne postoje značajnije prepreke.	-
Hrapavost u okruženju	Pašnjak, dubina manje od 0.5m	-
<b>Zaključak</b>		
Shodno dostupnim informacijama, dizajn i konfiguracija mjernih stubova nijesu u potpunosti u skladu sa standardom IEC 61400-12-1 [4] i smjernicama MEASNET [5]. Ovo je obrađeno u analizi nepouzdanosti.		

#### 4.1.3 Meteorološki stub MS 307

Procjena konfiguracije i položaja mjernog stuba realizuje se na osnovu informacija sadržanih u dostupnoj dokumentaciji. Pregled mjernog stuba izvršen je tokom posjete lokaciji.

Tokom posjete lokaciji realizovano je i fotografsko dokumentovanje mjernog stuba.

Pregled instrumenata montiranih na stub dat je u tabeli u nastavku.

**Tabela 4-6: Položaj mjernog stuba MS 307**

Parametar	Instrument	Visina mjerenja	Orijentacija bandere
Brzina vjetra	Thies Clima 4,3351,10,000	83.95	Vrh
Brzina vjetra	Thies Clima 4,3351,10,000	80	125
Brzina vjetra	Thies Clima 4,3351,10,000	60	125
Brzina vjetra	Thies Clima 4,3351,10,000	40	125
Brzina vjetra	Thies Clima 4,3351,10,000	20	125
Pravac vjetra	Thies Clima 4,3150,10,110	78	305
Pravac vjetra	Thies Clima 4,3150,10,110	58	305

U tabeli u nastavku dat je pregled konfiguracije i posložaja mjernog stuba.

**Table 4-7: Pregled i ocjena položaja mjernog stuba MS 307**

Stavka	Opis	Ocjena
<b>Postavka stuba</b>		
Tip stuba	Rešetkasti	-
Tip anemometra	Thies Clima 4,3351,10,000	Samo jedan tip anemometra ugrađen na najvećoj visini.
Model lopatica	Thies Clima 4,3351,10,110	-
Gromobran	Vidljiv na fotografijama stuba, gromobran je ugrađen na vrhu, pored gornjeg anemometra.	Da li je rad gornjih anemometara neometan? Ne.
Položaj bandere	<u>Mjerenje pri vrhu:</u> Dostupna su dva gornja anemometra	Obično se preporučuje ugradnja dva anemometra na vrhu mjernog stuba kako bi se obezbijedila redundantnost i omogućila provjera konzistentnosti omogući provjera
	Orijentacija bandere je 125° u odnosu na glavni pravac vjetra – zapad-jugozapad (240°) sa snažnom komponentom sjeveroistok (30°) što znači da bandere nisu optimalno postavljene. Kod rešetkastih stuba je bitno da bandera bude postavljena na 45° u odnosu na glavni pravac vjetra kako bi se dobili najmanji mogući poremećaji.	Da li je orijentacija bandera optimalna imajući u vidu tip stuba glavni pravac vjetra? Ne.
	Udaljenost između konstrukcije stuba i senzora : 3.7m (preporučena najmanja i najveća udaljenost između senzora od 2.5m do 4.0m)	Dužina horizontalnih bandera ispunjava preporučenu udaljenost između gornjih anemometara? Da.
Visina mjerenja	Visina mjerenja iznosi 84m; Anemometri su postavljeni na četiri visine. Vjetro-lopaticice na dvije visine.	Dovoljno za visinu glavčine rotora (2/3 visine glavčine rotora kao minimalna preporučena visina)? Da.
<b>Oprema</b>		
Kalibracija opreme	Svi anemometri su kalibrisani prije ugradnje.	Kalibraciju anemometara realizovala kompanija koju je akreditovao MEASNET? Da. <b>Primjedba:</b>

		Kalibracija dva Thies anemometra izvršena je devet mjeseci prije postavljanja, tri su kalibrisana 17 mjeseci prije postavljanja. Kalibracija se obično smatra validnom između 12 i 24 mjeseca pod pretpostavkom da je anemometar skladišten u odgovarajućim uslovima.
Izmjene opreme	U skladu sa dostupnim izvještajima o održavanju, realizovane su sljedeće izmjene: <ul style="list-style-type: none"> <li>Nema izvještaja o izmjenama bilo koje vrste</li> <li>Anemometar na visini 40m je pokvaren (postoje samo dvije čase)</li> </ul>	U skladu sa smjericama Measnet-a, ponovna kalibracija anemometara vrši se nakon 12 mjeseci ili se, alternativno, vrši tzv. in-situ ispitivanje kako bi se provjerila kalibraciona konzistentnost senzora.
<b>Lokacija stuba</b>		
Lokacija i reprezentativnost	Meteorološki stub MS 307 nalazi se unutar istočnog dijela lokacije vjetrotopa.	Da li se lokacija mjernog stuba smatra reprezentativnom za novu lokaciju projekta? Da.
Topografija okoline	Lokacija se nalazi na platou sa blagim nagibom ka sjeveru i strmim nagibom u pravcu juga i zapada. Lokacija je prekrivena i okružena pašnjakom.	Pogodnost WASP-a analizirana je u odjeljku 7.1.1.
Prepreke	Žbunje na udaljenosti 500m u pravcu sjever-zapad: visina žbunja 5-8m	-
Hrapavost u okruženju	Pašnjak, hrapavost 0.5	-
<b>Zaključak</b>		
Shodno dostupnim informacijama, dizajn i konfiguracija mjernih stubova nijesu u potpunosti u skladu sa standardom IEC 61400-12-1 [4] i smjericama MEASNET [5]. Ovo je obrađeno u analizi nepouzdanosti.		

## 4.2 Vrednovanje mjernih podataka

Klijent je dostavio mjerne podatke o vjetru za meteorološke stubove. Kada je riječ o mjernim stubovima MS 301 A , MS 302 i MS 307, korišćeni su skalirani podaci o vjetru u \*.txt formatu. Dostavljeni su podaci sa vremenskom rezolucijom od 10 minuta.

Anemometri MS 301 A i MS 307 kalibrisani su prije početka rada. Pregled kalibracije anemometara dat je tabelama u nastavku. Tačnu primjenu parametara kalibracije i pomjeraja lopatica na uređaj za bilježenje podataka (*data logger*) potvrdio je Ammonit (posretstvom Klijenta) nakon razmjene pitanja i odgovora putem e-maila. Pored parametara kalibracije datih u izvještaju o ugradnji i dostupnih sertifikata o kalibraciji, za obje lopatice stuba MS 307 potrebno je primijeniti i dodatni pomjeraj od 125° na neobrađene podatke mjerenja budući da su lopatice instalisane na stubove na način da su oznake za sjever usklađene sa stubom a ne sa stvarnim pravcem sjevera. Potvrđeno je da je ovaj pomjeraj već primijenjen na skalirane podatke o vjetru koje je dostavio klijent.

Kada je riječ o Thies vršnom anemometru stuba MS 302, nije dostavljen izvještaj o kalibraciji, već samo potvrda o pregledu. Svi drugi anemometri kalibrisani su prije početka rada.

Za potrebe evaluacije modela strujanja vjetra na lokaciji, odabrani su podaci sa stubova MS 307 i MS 301A. Za proračun proizvodnje energije odabrani su podaci sa stubova MS 302 i MS 307.

**Tabela 4-8: Pregled kalibracija anemometara na stubu MS 301 A**

Datum ugradnje	Naziv	Opis	Visina mjerenja [m]	Serijski br.	Izvještaj o kalibraciji	Izvještaj o kalibraciji - Datum
07. Sep 11	AN 1-301 A	NRG #40C	60	174526	OTECH Engineering INC. No. 179500174526_2011-05-23	23. Mai 11
07. Sep 11	AN 2-301 A	NRG #40C	60	174527	OTECH Engineering INC. No. 179500174527_2011-05-23	23. Mai 11
07. Sep 11	AN 3-301 A	NRG #40C	48	174528	OTECH Engineering INC. No. 179500174528_2011-05-23	23. Mai 11
07. Sep 11	AN 4-301 A	NRG #40C	48	174529	OTECH Engineering INC. No. 179500174529_2011-05-23	23. Mai 11
07. Sep 11	AN 5-301 A	NRG #40C	32	174548	OTECH Engineering INC. No. 179500174548_2011-05-24	23. Mai 11
07. Sep 11	AN 6-301 A	NRG #40C	32	174549	OTECH Engineering INC. No. 179500174549_2011-05-24	23. Mai 11



**Tabela 4-9: Pregled kalibracija anemometara na stubu MS 302**

Datum ugradnje	Naziv	Opis	Visina mjerenja [m]	Serijski br.	Izveštaj o kalibraciji	Izveštaj o kalibraciji - Datum
07. Sep 08	AN 1-302	Thies 2First Class"	60	0708751	Nije dostupan izvještaj o kalibraciji. Potvrda o pregledu: Thies GmbH, No. AB0803062	30. Jul 09
07. Sep 08	AN 2-302	NRG #40C	60	69264	OTECH Engineering INC. No. 17950069264_2008-06-20	20. Jun 08
07. Sep 08	AN 3-302	NRG #40C	50	69266	OTECH Engineering INC. No. 17950069266_2008-06-20	20. Jun 08
07. Sep 08	AN 4-302	NRG #40C	48	69305	OTECH Engineering INC. No. 17950069305_2008-06-20	20. Jun 08
07. Sep 08	AN 5-302	NRG #40C	40	69307	OTECH Engineering INC. No. 17950069307_2008-06-20	20. Jun 08
07. Sep 08	AN 6-302	NRG #40C	40	69304	OTECH Engineering INC. No. 17950069304_2008-06-20	20. Jun 08

**Tabela 4-10: Pregled kalibracija anemometara na stubu MS 307**

Datum ugradnje	Naziv	Opis	Visina mjerenja [m]	Serijski br.	Izveštaj o kalibraciji	Izveštaj o kalibraciji - Datum
23. Okt 15	AN 1-307	Thies Clima 4.3351.10.000	83,95	12143836	DEWI GmbH, 0038_15	16. Jan 15
23. Okt 15	AN 2-307	Thies Clima 4.3351.10.000	80	12143835	DEWI GmbH, 0040_15	16. Jan 15
23. Okt 15	AN 3-307	Thies Clima 4.3351.10.000	60	11116651	DEWI GmbH, 0539_14	20. Mai 14
23. Okt 15	AN 4-307	Thies Clima 4.3351.10.000	40	11116657	DEWI GmbH, 0548_14	20. Mai 14
23. Okt 15	AN 5-307	Thies Clima 4.3351.10.000	20	11116662	DEWI GmbH, 0540_14	20. Mai 14

#### 4.2.1 NRG #40 anemometri

##### **DFW**

Kod nekih od NRG #40 anemometara koji su proizvedeni u periodu maj 2006 – decembar 2008. uočen je usporen rad izazvan pojavom samopobudnih vibracija koja je nazvana *dry friction whip* (DFW). Ovo je posljedica izmjene specifikacija prilikom proizvodnje statora anemometra [6]. Može se desiti da predmetni anemometri prikazuju brzinu vjetra koja je niža od stvarne. Dizajn anemometara NRG #40 se promijenio od januara 2009. godine kako bi se ispravio problem usporavanja rada usljed vibracija.

- Meteorološki stub MS 301 A: ni na jednom od anemometara koji su ugrađeni u ovaj meteorološki toranj nije uočen ovaj problem.
- Meteorološki stub MS 302: anemometri An2 – An6 montirani na ovaj meteorološki toranj dio su potencijalno oštećene opreme. Stoga je za ovih pet senzora proračunato posebno prilagođavanje.

#### 4.2.2 Skrining podataka

Ručni skrining podataka o vjetru dobijenih sa mjernih tornjeva sproveden je u skladu sa MEASNET smjernicama [5] putem interne procedure. Podaci o vjetru su filtrirani sprovođenjem sljedećih ispitivanja:

- Provjera postojanja pogrešnih vrijednosti;
- Vizuelna provjera: identifikacija netačnih podataka poput vršnih vrijednosti;
- Provjera kompletnosti: provjera da li je broj i sekvenca podataka tačan putem identifikacije praznina u podacima;
- Ispitivanje opsega: provjeriti da li podaci spadaju u mjerni opseg određenog senzora;
- Kontinuirana provjera vrijednosti: ponavljanje podataka iste vrijednosti;
- Ispitivanje tendencija i nesaglasnosti: identifikacija neuobičajenih varijacija u vremenu;
- Ispitivanje povezanih parametara: poređenje na osnovu očekivanih vrijednosti za fizičku vezu između određenih parametara

##### 4.2.2.1 Meteorološki stub MS 301 A

##### **Pokrivenost podacima**

Tačnost vremenskih oznaka provjerena je za kompletan period mjerenja.

Usljed činjenice da su primarni anemometri u odabranom periodu funkcionisali 2.5 mjeseci nakon ugradnje, pretpostavka je da je kalibracija predmetnih anemometara u ovim periodima bila nepromijenjena.

Raspoloživost kombinovanih podataka na mjesečnom nivou sa primarnih senzora i primarnih senzora pravca nakon relizacije ručnog skrininga podataka data je u tabeli u nastavku.

**Tabela 4-11: Raspoloživi mjesečni podaci sa primarnog senzora**

God.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	98	97
2012	85	82	100	95	97	99	99	98	98	95	95	81
2013	76	82	84	97	99	97	100	98	99	96	98	97
2014	83	92	86	93	95	100	98	99	99	93	99	96
2015	92	75	95	92	99	99	99	99	99	94	81	57
2016	79	76	82	94	97	96	97	98	99	99	89	100
2017	86	88	94	92	99	99	99	100	98	-	-	-

#### **Aktivnosti održavanja i sezonska odstupanja**

Kako je i prikazano u tabeli 4-3 i u skladu sa dnevnikom mjernog stuba, tokom perioda mjerenja nije vršena izmjena senzorske opreme

#### **Konzistentnost kalibracije anemometara**

Shodno smjernicama MEASNET-a, ponovna kalibracija anemometara biće izvršena nakon 12 mjeseci ili će se, alternativno, relizovati ispitivanje na lokaciji kako bi se utvrdila konzistentnost kalibracije senzora.

Ispitivanje na lokaciji (in-situ test) relizovan je za odabrani period i prikazuje prihvatljivu konzistentnost kalibracije anemometra.

**Tabela 4-12: Ispitivanje na lokaciji MS 301A**

Interval brzine vjetra [m/s]		Ukupno	n	Sistemska odstupanje [ $\tau$ ]	Standardna nesigurnost [ $\sigma$ ]	Statističko odstupanje [ $\delta$ ]
4	5	13.75	124	0.11	0.01	0.11
5	6	26.53	214	0.12	0.01	0.12
6	7	21.17	179	0.12	0.01	0.12
7	8	17.85	142	0.13	0.01	0.13
8	9	12.44	126	0.10	0.01	0.10
9	10	7.26	73	0.10	0.01	0.10
10	11	6.28	51	0.12	0.02	0.13
11	12	9.60	52	0.18	0.04	0.19

#### **4.2.2.1 Meteorološki stub MS 302**

##### **Pokrivenost podacima**

Tačnost vremenskih oznaka provjerena je za kompletan period mjerenja.

Usljed činjenice da su primarni anemometri u odabranom periodu funkcionisali 2.5 mjeseci nakon ugradnje, pretpostavka je da je kalibracija predmetnih anemometara u ovim periodima bila nepromijenjena.

Raspoloživost kombinovanih mjesčnih podataka sa primarnih senzora i senzora primarnog pravca, nakon relizacije ručnog skrininga podataka, data je u tabeli u nastavku.

**Tabela 4-13: Raspoloživi mjesečni podaci sa primarnog senzora**

god	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	98,2	93,8	92,8	48,5
2009	90,6	93,8	94,9	100	100	100	100	100	99,4	93	93,4	70
2010	80,4	77,4	90,1	99,2	99,1	98,5	100	100	100	88,6	93,1	86,8
2011	6,9	0	9,3	36,6	-	-	-	-	-	-	-	-

#### **Aktivnosti održavanja i sezonska odstupanja**

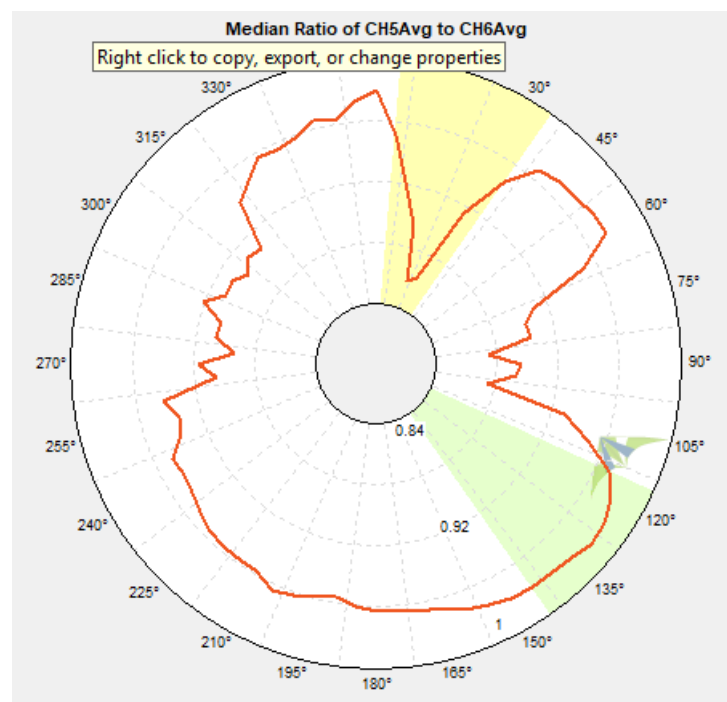
Kako je prikazano u tabeli 4-5 i u skladu sa podacima iz dnevnika mjernog stuba, 29. 10. 2008. godine su uočena su neujednačena pomjeranja bandere kod lopatice V1. Stoga ovi podaci nijesu korišćeni za dalje ocjene.

#### **Zasjenjivanje tornja**

Zasjenjivanje tornja ispitano je upoređivanjem odnosa podataka vjetra sa anemometara koji su montirani na istoj visini a u vezi sa pravcem vjetra (imajući u vidu odabrani primarni senzor pokazatelj pravca vjetra).

Ukoliko je došlo do zasjenjivanja anemometra mjernim tornjem usljed vjetra iz konkretnog sektora pravca, može doći do značajnog pada u pokazateljima brzine vjetra.

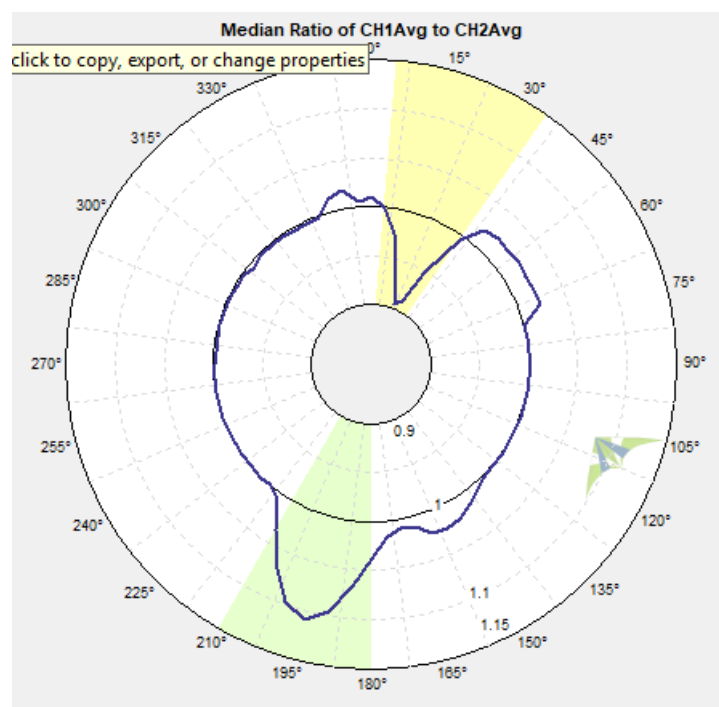
Šema zasjenjivanja tornja za oba gornja anemometra ne dozvoljava identifikaciju pravca vjetra kada se trpi uticaj



Slika 4-2: Šema zasjenjivanja tornja – anemometer na 60m

Primjetno je da se očitavanja brzine vjetra na oba anemometra veoma razlikuju. Kako bi se izbjeglo umanjivanje ili precjenjivanje brzine vjetra, odlučeno je da se koristi srednja vrijednost za očitavanje oba anemometra. Vrijednost smicanja vjetra dobijena kada se koristi srednja vrijednost oba instrumenta je potvrdilo da je ovakva odluka bila ispravna. Dobijena vrijednost smicanja vjetra je veoma slična vrijednosti smicanja vjetra u MS 307 (pogledati 4.3.3.3).

Sa druge strane, jasna je šema zasjenjivanja tornja zabilježena na paru anemometara na visini od 40m, a jasno se može odrediti i pad u pokazateljima brzine vjetra. Te vrijednosti brzine vjetra su označene za oba anemometra, dok se za ove određene vremenske oznake koriste vrijednosti pomoćnog anemometra.



**Slika 4-3: Šema zasjenjivanja tornja – anemometar na 40m**

#### Sezonska odstupanja – odabrani period

Kako bi se odstupanje u podacima zbog sezonskih promjena svelo na minimum, mjerni podaci pokrivaju period tokom čitave godine. Dakle, izabrani mjerni period traje od 01.10.2008. do 30.09.2010.

## Konzistentnost u kalibraciji anemometara

Prema uputstvima Measnet, potrebno je da se nanovo izvršiti kalibraciju anemometara nakon 12 mjeseci ili odraditi takozvano in-situ testiranje kako bi se utvrdila konzistentna kalibracija senzora.

In-situ testiranje koje je odrađeno za pomenuti period pokazalo je konzistentnost u kalibraciji anemometara.

**Tabela 4-14: In-situ testiranje MS 302**

Interval brzine vjetra [m/s]		Ukupno	n	Sistematsko odstupanje [γ]	Standardna nesigurnost [σ]	Statističko odstupanje [δ]
4	5	45.51	236	0.19	0.01	0.19
5	6	41.29	197	0.21	0.02	0.21
6	7	42.64	188	0.23	0.02	0.23
7	8	37.74	193	0.20	0.02	0.20
8	9	31.17	177	0.18	0.02	0.18
9	10	22.49	152	0.15	0.02	0.15
10	11	24.35	141	0.17	0.02	0.17
11	12	19.77	114	0.17	0.02	0.17

#### 4.2.2.2 Mjerni stub MS 307

##### Pokrivenost podacima

Cjelokupni mjerni period je provjeren za pravilne vremenske oznake i uočene su sljedeće osnovne razlike:

Kombinovana raspoloživost mjesečnih podataka primarnog senzora i primarnog senzora pravca nakon ručno izvršene provjere podataka data je u sljedećoj tabeli.

**Tabela 4-15: Dostupnost mjesečnih podataka primarnih senzora**

god	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2015	--	--	--	--	--	--	--	--	--	97	98	99
2016	92	95	97	100	100	100	100	100	100	100	94	100
2017	94	97	100	99	68	93	100	100	100	100	95	81
2018	92	93	94	98	71	100	100	100	--	--	--	--



### Zamjena opreme

Kao što je prikazano u tabeli 4-5 i prema dnevniku mjernog stuba, senzorska oprema se nije mijenjala tokom mjernog perioda.

### Zasjenjivanje tornja

Gornji anemometar je instaliran na vrhu mjernog stuba, tako da zasjenjivanje tornja ne utiče na njega. Međutim, rad anemometra se ne odvija u potpunosti neometano zbog gromobrana koji se nalazi pored gornjeg anemometra.

Ovo pitanje je razmatrano u analizi nesigurnosti.

### Sezonska odstupanja – odabrani period

Kako bi odstupanje u podacima zbog sezonskih promjena bilo svedeno na minimum, mjerni podaci pokrivaju periode cijele godine. Dakle, izabrani mjerni period traje od 01.11.2015. do 31.10.2017.

## Konzistentnost u kalibraciji anemometara

Imajući u vidu da su primarni anemometri u određenom periodu funkcionisali između 9,5 mjeseci (An1, An2) i 17 mjeseci (An3, An4, An5) nakon postavljanja, pretpostavlja se da je kalibracija An1, An2 bila konzistentna tokom ovih perioda. Stoga je odlučeno da se kao primarni senzor koristi AN 1 (Thies Clima, 83.95m) zajedno sa senzorom pravca vjetra koji je smješten na 78m.

Prema uputstvima Measnet, potrebno je da se nanovo izvršiti kalibraciju anemometara nakon 12 mjeseci ili odraditi takozvano in-situ testiranje kako bi se utvrdila konzistentna kalibracija senzora.

In-situ testiranje koje je odradeno za pomenuti period pokazalo je prihvatljivu konzistentnost u kalibraciji anemometara.

**Tabela 4-16: Ispitivanje na licu mjesta MS 307**

Interval brzine vjetra [m/s]		Ukupno	n	Sistematsko odstupanje [ $\tau$ ]	Standardna nesigurnost [ $\sigma$ ]	Statističko odstupanje [ $\delta$ ]
4	5	6.63	185	0.04	0.00	0.04
5	6	6.91	209	0.03	0.00	0.03
6	7	6.53	201	0.03	0.00	0.03
7	8	6.75	188	0.04	0.00	0.04
8	9	7.46	190	0.04	0.00	0.04
9	10	6.44	173	0.04	0.00	0.04
10	11	6.03	160	0.04	0.00	0.04
11	12	4.65	121	0.04	0.00	0.04

## 4.3 Rezultati mjerenja

Dobijeni rezultati mjerenja na licu mjesta su dati u sljedećim odjeljcima.

#### 4.3.1 Mjerni stub MS 301A

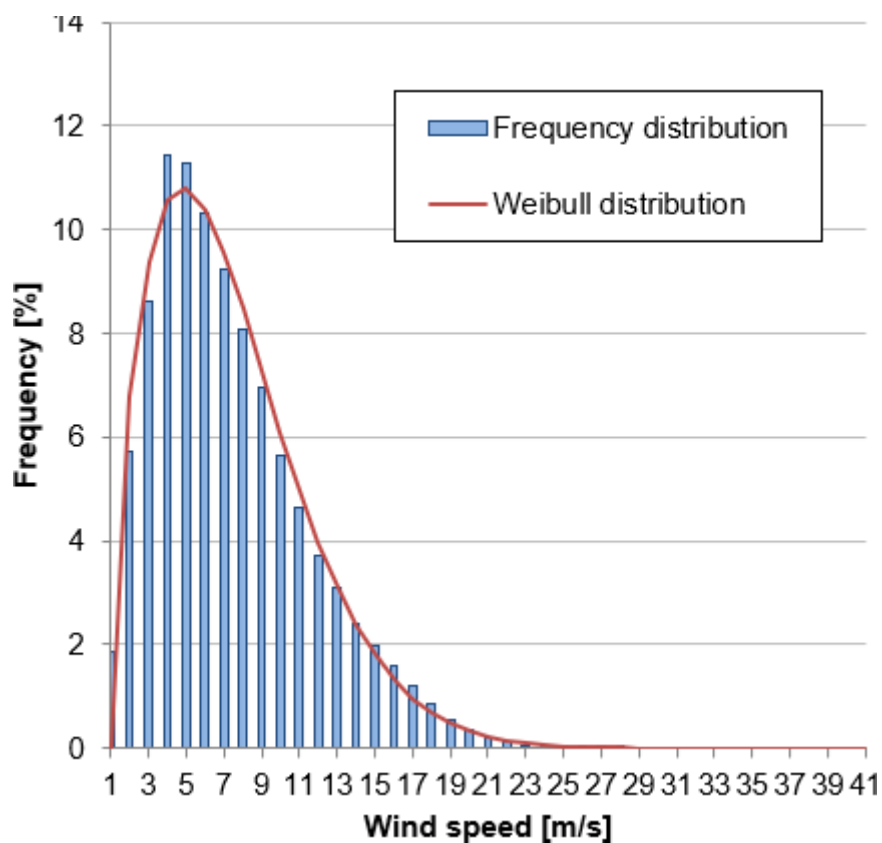
Sljedeći rezultati odgovaraju pregledu stanja vjetra mjerenom tokom dva određena perioda.

##### 4.3.1.1 Distribucija frekventnosti

Prosječna izmjerena brzina vjetra na visini od 60m iznosila je **6.4 m/s**. Odgovarajuća Weibull-ova distribucija sektora i pravaca je data u nastavku.

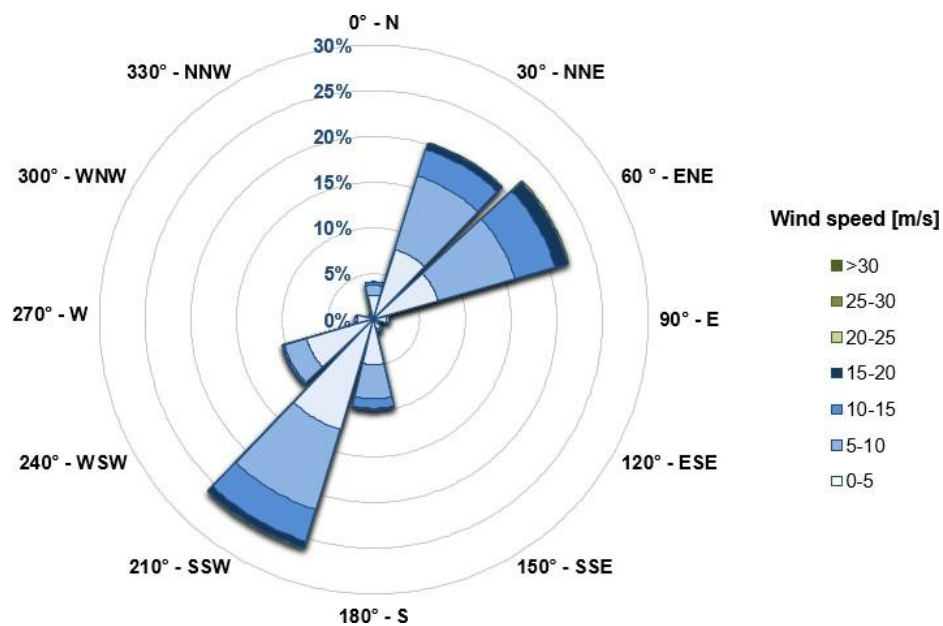
**Tabela 4-17: Sektorska Weibull-ova distribucija primarnog anemometra**

Sector	Weibull A	Weibull k	Frequency	Mean wind speed
N	5,391	1,4111	4,115	4,907
NNE	7,884	1,7709	20,200	7,017
ENE	9,151	1,9154	22,181	8,118
E	3,553	1,3973	1,698	3,239
ESE	2,671	1,2131	0,753	2,505
SSE	3,928	1,3701	1,385	3,592
S	6,813	1,7348	9,870	6,071
SSW	7,222	1,6308	26,122	6,465
WSW	4,926	1,8460	10,367	4,376
W	3,616	1,6456	2,000	3,234
WNW	2,515	1,2643	0,543	2,336
NNW	3,032	1,1806	0,765	2,864
All	7,117	1,5915	100,000	6,385



**Slika 4-4: Weibull distribucija - primarni anemometar**

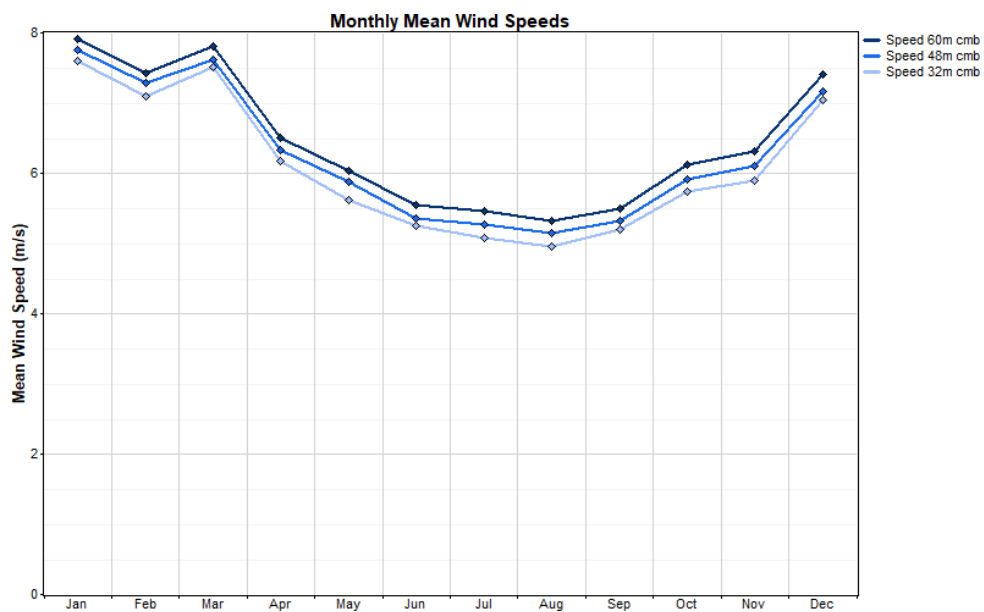
Distribucija pravca prikazana je na Slici 4-5: prisutna su dva glavna pravca vjetra SI (45°) i JJZ (210°).



Slika 4-5: Distribucija pravca

#### 4.3.1.2 Mjesečna distribucija

Slika 4-6: prikazan je pregled mjesečne prosječne brzine vjetra na svim visinama. Mjeseci sa najvećom brzinom vjetra su zimski mjeseci. Najniža brzina vjetra je izmjerena u avgustu.



**Slika 4-6: Mjesečna distribucija**

Rezultati mjesečnog mjerenja mjernog stuba dati su u sljedećoj tabeli.

**Tabela 4-18: Rezultati mjerenja zabilježeni na gornjem kombinovanom anemometru (pročišćeno)**

MetMast1		MS301 A						
godina	mjesec	Opseg korišćenja	Srednja vrijednost	Min	Maks	Std. odst.	Weibull k	Weibull A
		[%]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[-]	[m/s]
2011	Sep	-	-	-	-	-	-	-
2011	Oct	98.43	7.226	0.385	26.085	4.952	1.483	7.997
2011	Nov	98.52	5.404	0.385	17.958	3.458	1.634	6.056
2011	Dec	97.80	8.383	0.385	24.232	5.146	1.628	9.337
2012	Jan	96.86	8.724	0.385	25.643	5.046	1.759	9.776
2012	Feb	97.41	8.279	0.385	26.013	5.314	1.575	9.217
2012	Mar	99.48	7.402	0.385	21.674	4.600	1.637	8.273
2012	Apr	96.00	6.851	0.385	19.264	3.666	1.904	7.690
2012	May	98.01	5.964	0.385	20.430	3.524	1.734	6.681
2012	Jun	98.96	5.041	0.306	14.382	2.705	1.944	5.685
2012	Jul	98.77	5.406	0.385	16.609	3.270	1.666	6.032
2012	Aug	98.10	5.564	0.385	16.820	3.174	1.781	6.236
2012	Sep	98.33	5.448	0.385	18.736	3.386	1.658	6.095
2012	Oct	94.69	5.876	0.385	21.069	4.015	1.515	6.528
2012	Nov	94.88	6.278	0.385	22.037	4.413	1.435	6.911
2012	Dec	94.22	8.114	0.279	21.041	4.613	1.778	9.091
2013	Jan	91.87	8.228	0.313	21.511	4.958	1.663	9.186
2013	Feb	96.18	7.238	0.336	22.874	4.405	1.674	8.094
2013	Mar	94.65	8.694	0.385	22.471	4.121	2.236	9.822
2013	Apr	97.71	6.782	0.248	18.386	3.675	1.874	7.609
2013	May	99.04	6.646	0.301	18.544	3.337	2.053	7.474
2013	Jun	96.92	5.252	0.313	16.921	3.445	1.588	5.872
2013	Jul	99.64	6.320	0.336	18.698	3.355	1.965	7.128
2013	Aug	98.45	5.632	0.385	18.928	2.980	1.944	6.333
2013	Sep	98.75	5.641	0.293	18.011	3.266	1.755	6.319
2013	Oct	96.51	5.313	0.320	19.457	3.901	1.419	5.862
2013	Nov	98.45	7.252	0.286	19.413	4.116	1.824	8.160
2013	Dec	96.89	6.897	0.322	22.049	4.544	1.516	7.641
2014	Jan	87.32	6.307	0.256	18.011	4.744	1.296	6.823
2014	Feb	96.48	6.340	0.286	21.857	3.741	1.740	7.112
2014	Mar	91.33	7.390	0.385	23.315	4.638	1.604	8.228
2014	Apr	95.00	5.606	0.313	18.146	3.605	1.576	6.238
2014	May	95.25	5.171	0.286	20.459	3.347	1.572	5.755
2014	Jun	99.68	5.953	0.240	16.937	2.929	2.113	6.705
2014	Jul	97.96	5.179	0.256	16.657	3.178	1.664	5.794
2014	Aug	98.66	4.528	0.286	12.558	2.339	1.992	5.092

2014	Sep	99.35	5.551	0.313	16.798	3.270	1.778	6.250
2014	Oct	92.74	5.859	0.343	19.422	4.174	1.440	6.474
2014	Nov	98.54	6.312	0.322	18.760	3.633	1.770	7.080
2014	Dec	97.07	7.347	0.320	24.635	5.470	1.356	8.034
2015	Jan	96.37	8.191	0.347	23.584	4.762	1.715	9.143
2015	Feb	85.96	7.434	0.248	22.345	5.025	1.509	8.252
2015	Mar	97.54	8.122	0.313	23.580	4.911	1.707	9.110
2015	Apr	98.80	7.520	0.322	21.136	4.115	1.860	8.440
2015	May	99.33	6.073	0.279	18.736	3.720	1.652	6.781
2015	Jun	99.44	6.495	0.385	16.307	3.263	2.073	7.319
2015	Jul	98.95	4.754	0.286	13.806	2.593	1.897	5.353
2015	Aug	99.04	4.478	0.385	11.872	2.275	2.043	5.043
2015	Sep	98.75	5.948	0.309	17.819	3.375	1.815	6.685
2015	Oct	94.40	6.129	0.256	22.692	4.023	1.515	6.781
2015	Nov	97.06	6.171	0.306	27.095	4.556	1.426	6.817
2015	Dec	97.11	5.730	0.313	20.751	4.503	1.296	6.216
2016	Jan	93.41	7.706	0.248	23.479	5.247	1.438	8.470
2016	Feb	95.28	8.167	0.328	23.863	4.812	1.695	9.117
2016	Mar	93.55	6.945	0.373	20.704	4.193	1.700	7.782
2016	Apr	99.17	5.960	0.240	20.541	3.687	1.670	6.675
2016	May	98.77	6.319	0.293	20.767	3.632	1.793	7.101
2016	Jun	95.86	5.355	0.286	18.962	3.371	1.596	5.959
2016	Jul	97.42	5.482	0.279	17.003	3.469	1.632	6.134
2016	Aug	98.50	6.303	0.248	18.332	3.792	1.682	7.046
2016	Sep	98.59	5.371	0.248	14.987	2.711	2.047	6.044
2016	Oct	99.19	6.308	0.329	22.739	4.332	1.507	7.007
2016	Nov	94.00	6.479	0.315	23.312	4.812	1.364	7.088
2016	Dec	99.53	8.042	0.309	23.892	4.895	1.662	8.989
2017	Jan	92.99	8.254	0.322	24.065	5.405	1.537	9.168
2017	Feb	94.12	7.071	0.322	18.093	3.666	2.020	7.982
2017	Mar	97.13	8.328	0.286	22.950	4.509	1.864	9.335
2017	Apr	98.19	6.378	0.329	17.190	3.677	1.801	7.178
2017	May	98.66	6.066	0.279	19.441	3.225	1.957	6.838
2017	Jun	99.28	5.221	0.256	20.134	3.508	1.553	5.824
2017	Jul	99.08	5.674	0.240	19.576	3.816	1.531	6.308
2017	Aug	99.51	5.514	0.272	16.710	3.299	1.754	6.208
2017	Sep	98.15	5.099	0.248	16.168	2.683	1.969	5.742
Svi podaci		96.93	6.440	0.240	27.095	4.136	1.589	7.175



### 4.3.1.3 Vertikalno smicanje vjetra

Vertikalna varijacija brzine vjetra je procijenjena na osnovu mjerenja vjetra na različitim visinama iznad tla koje su zabilježene na mjernom stubu, na osnovu zakona snage koji glasi:

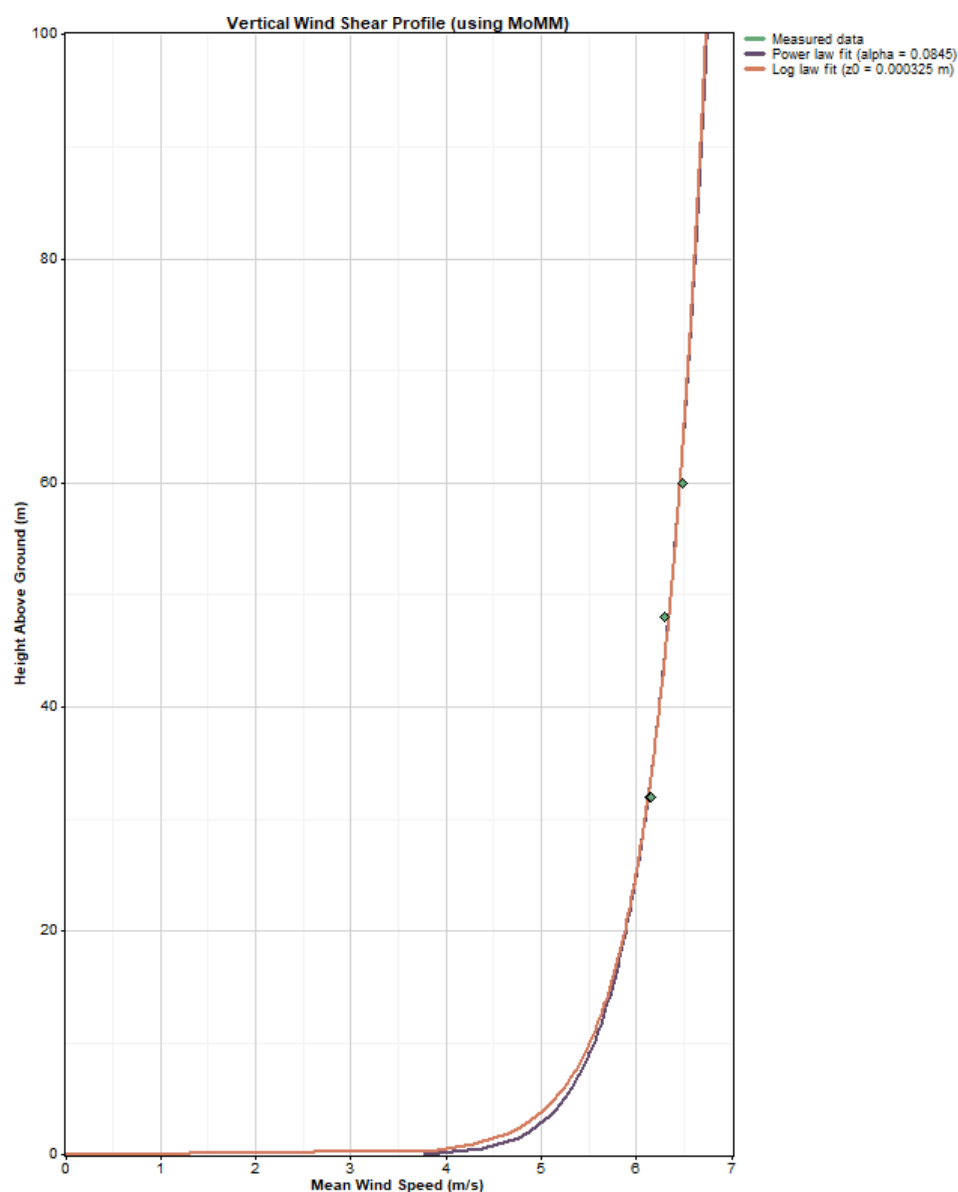
$$\alpha = \ln(v_{z1}/v_{z2})/\ln(z_1/z_2),$$

gdje  $z_1$  predstavlja visinu anemometra (iznad nivoa tla) a  $v_{z1}$  predstavlja brzinu vjetra na toj visini.

EkspONENT prosječnog smicanja vjetra  $\alpha$  izmjeren na mjernom stubu računao se pri visinama od 32m do 60m. Smicanje vjetra je provjeravano prema dugoročnimj mezoskalnim podacima. Dobijeni rezultat iznosi **0.085**, što je u okviru normalnog profila vjetra koji je dat u IEC 61400-1 Standard [1] (pogledati Sliku 4-7:).

**Tabela 4-19: Weibull parametri dobijeni na 60 m**

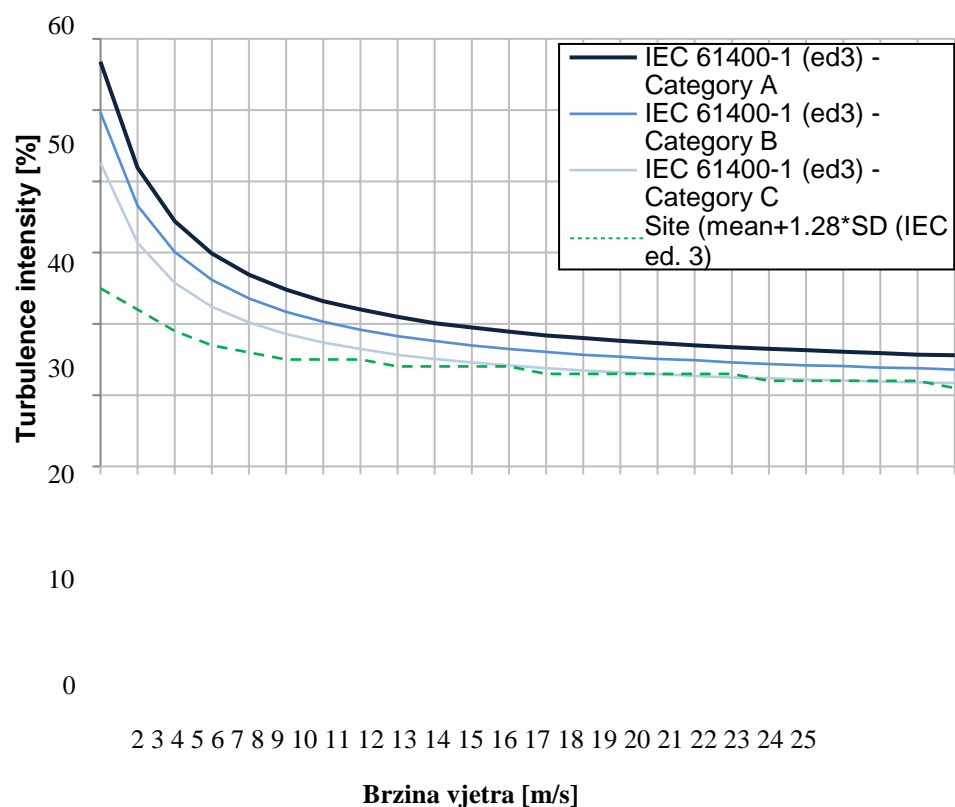
Lokacija mjernog stuba	Weibull parametri		
	A [m/s]	k [-]	Prosječna brzina vjetra [m/s]
Mjerenje vjetra na 60m	7.117	1.592	6.39



**Slika 4-7: Profil vertikalnog smicanja vjetra**

#### 4.3.1.4 Intenzitet ambijentalne turbulencije

Intenzitet ambijentalne turbulencije se računao na visini od 60m. Sljedeća Slika pokazuje da intenzitet ambijentalne turbulencije uz standardno odstupanje od 1.28, prevazilazi Klasu C za brzinu vjetra na 18 m/s, 19 m/s i više od 23 m/s prema IEC 61400-1 standard [1]. Vrijednosti Klase A i B nijesu prekoračene ni u jednom intervalu brzine vjetra.



Slika 4-8: Primjer intenziteta turbulencije na 60m

### 4.3.2 Mjerni stub MS 302

Sljedeći rezultati odgovaraju pregledu stanja vjetra koja su izmjerena tokom dva odabrana perioda.

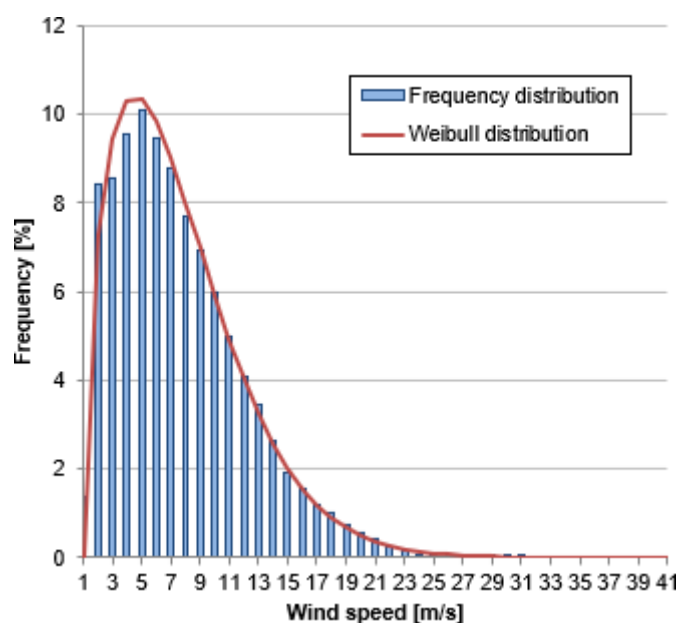
#### 4.3.2.1 Distribucija frekventnosti

Srednja vrijednost brzine vjetra izmjerene na visini od 60m iznosila je **6.34 m/s**. Odgovarajuća WAsP - Weibull distribucija sektora i pravca data je u nastavku.

Tabela 4-20: Weibull distribucija sektora primarnog anemometra

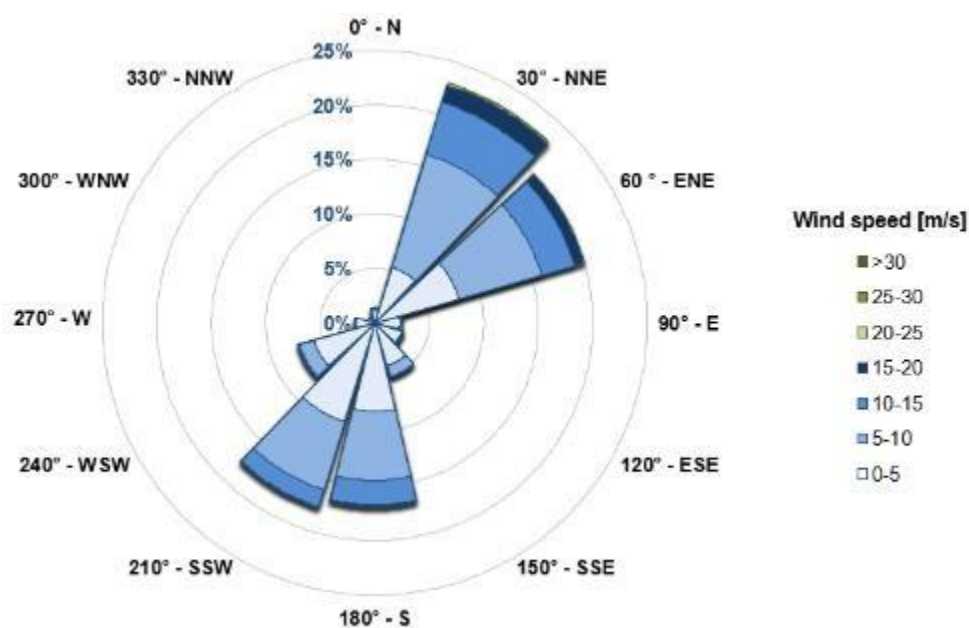
Sektor	A parametar [m/s]	k parametar [-]	Učestalost [%]	Prosječna brzina vjetra [m/s]
N	4.5	1.7	1.4	4.0

NNE	10.1	2.0	23.3	8.9
ENE	8.5	1.8	20.4	7.5
E	2.3	1.1	2.6	2.2
ESE	2.2	1.2	2.9	2.1
SSE	4.0	1.5	5.3	3.6
S	7.1	1.7	16.2	6.3
SSW	6.2	1.8	17.0	5.5
WSW	4.5	1.8	7.4	4.0
W	3.6	1.6	1.9	3.2
WNW	2.6	1.4	0.7	2.4
NNW	2.8	1.3	0.6	2.5
<b>Ukupno</b>	<b>7.0</b>	<b>1.5</b>	<b>100.0</b>	<b>6.3</b>



Slika 4-9: Weibull distribucija - primarni anemometar

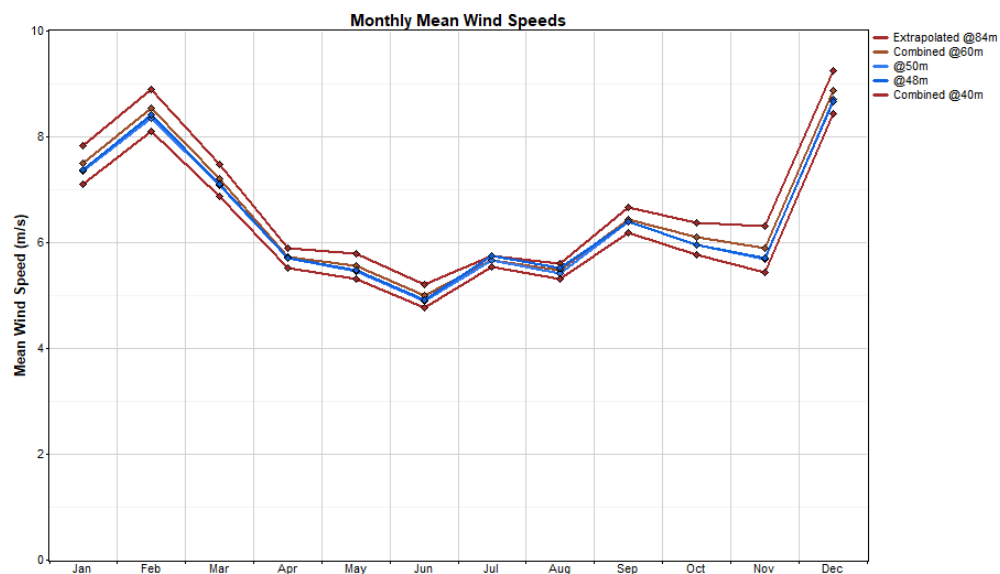
Distribucija pravca je prikazana na sljedećem grafikonu. Prisutna su dva glavna pravca vjetrova SI (30°) i JJZ (210°).



Slika 4-10: Distribucija pravca

#### 4.3.2.2 Mjesečna distribucija

Slika 4-6: prikazan je pregled mjesečne prosječne brzine vjetra na svim visinama. Mjeseci sa najvećom brzinom vjetra su zimski mjeseci. Najniža brzina vjetra je izmjerena u junu.



**Slika 4-11: Mjesečna distribucija**

Rezultati mjesečnog mjerenja mjernog stuba dati su u sljedećoj tabeli.

**Tabela 4-21: Rezultati mjerenja na gornjem kombinovanom anemometru (pročišćeno)**

godina	mjesec	Opseg korišćenja	Prosječno	Min	Max	stan d. odst upanje	Best-fit Weibull k	Best-fit Weibull A
		[%]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[-]	[m/s]
2008	Oct	93.86	5.65	0.31	18.68	3.55	1.62	6.30
2008	Nov	97.15	6.24	0.20	20.57	4.55	1.32	6.77
2008	Dec	48.45	11.06	0.36	21.82	4.58	2.57	12.36
2009	Jan	94.96	7.22	0.26	20.42	4.12	1.76	8.08
2009	Feb	93.82	10.23	0.29	28.33	6.15	1.70	11.47
2009	Mar	98.45	8.20	0.26	23.53	5.34	1.52	9.08
2009	Apr	100.00	4.52	0.26	14.72	2.72	1.69	5.06
2009	May	100.00	5.48	0.26	16.83	3.31	1.64	6.10

2009	Jun	100.00	4.81	0.29	15.92	3.09	1.56	5.35
2009	Jul	100.00	5.28	0.26	18.44	3.56	1.48	5.83
2009	Aug	100.00	5.77	0.31	17.96	3.22	1.83	6.48
2009	Sep	99.44	6.54	0.29	21.39	4.46	1.49	7.25
2009	Oct	100.00	7.27	0.26	21.70	4.93	1.48	8.03
2009	Nov	97.45	4.67	0.26	19.04	3.52	1.37	5.12
2009	Dec	84.41	8.18	0.20	24.15	4.88	1.66	9.10
2010	Jan	93.64	7.95	0.20	21.20	4.65	1.64	8.81
2010	Feb	84.38	6.67	0.26	20.14	4.06	1.66	7.45
2010	Mar	96.37	6.30	0.26	20.18	4.38	1.47	6.97
2010	Apr	99.21	6.03	0.26	17.12	3.35	1.83	6.76



2010	May	99.10	5.68	0.29	23.19	3.37	1.71	6.35
2010	Jun	98.47	5.23	0.26	20.15	3.41	1.54	5.80
2010	Jul	100.00	6.06	0.29	20.40	3.50	1.77	6.80
2010	Aug	100.00	5.21	0.26	15.00	2.84	1.86	5.84
2010	Sep	100.00	5.93	0.26	16.51	3.09	1.97	6.67
<b>Svi poda ci</b>		<b>94.97</b>	<b>6.37</b>			<b>4.26</b>	<b>1.51</b>	<b>7.06</b>

#### 4.3.2.3 Vertikalno smicanje vjetra

Vertikalna varijacija brzine vjetra je procijenjena na osnovu kombinovanih mjerenja vjetra na različitim visinama iznad tla koje su zabilježene na mjernom stubu, na osnovu zakona snage koji glasi:

$$\alpha = \ln(v_{z1}/v_{z2}) / \ln(z_1/z_2),$$

gdje  $z_1$  predstavlja visinu anemometra (iznad tla) a  $v_{z1}$  predstavlja brzinu vjetra na toj visini.

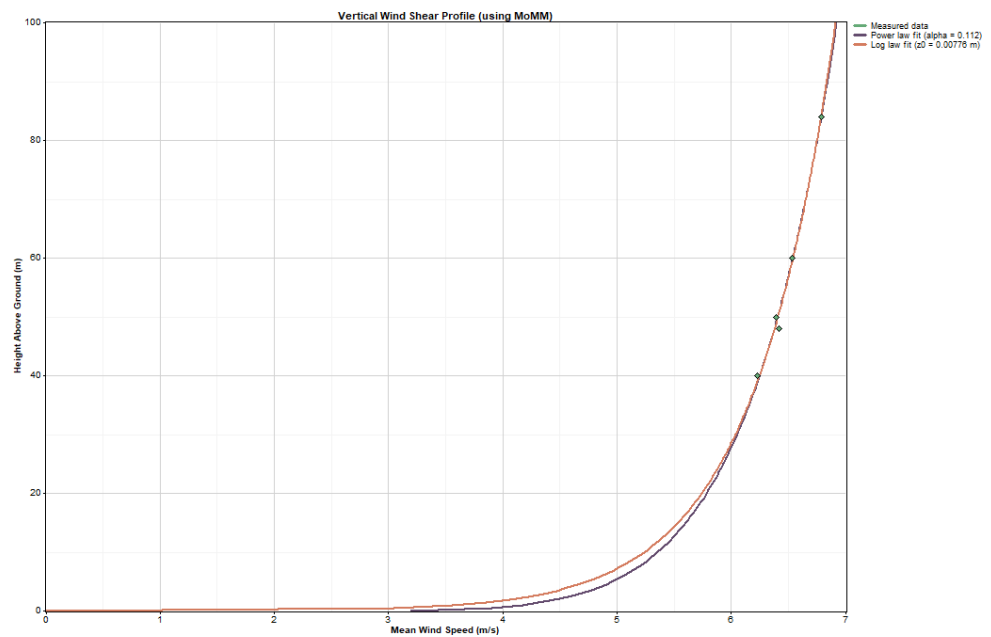
EkspONENT prosječnog smicanja vjetra  $\alpha$  izmjeren na mjernom stubu računao se pri visinama od 32m do 60m. Smicanje vjetra je provjeravano prema dugoročnim mezoskalnim podacima. Dobijeni rezultat iznosi **0.112**, što je u okviru normalnog profila vjetra koji je dat u IEC 61400-1 Standard [1] (pogledati narednu sliku i grafikon).

EkspONENT smicanja vjetra se koristi kao opšta vrijednost za sva stanja vjetra izmjerena na 60m za sve visine glavčine rotora vjetroturbine.

Sljedeća tabela sadrži rezultate dobijene na visini od 84m. Prva ekstrapolacija je izvršena na ovoj visini kako bi sva mjerenja bila na jednom nivou visine za potrebe dugoročnog korigovanja.

**Tabela 4-22: Weibull parametri dobijeni na visini od 84m**

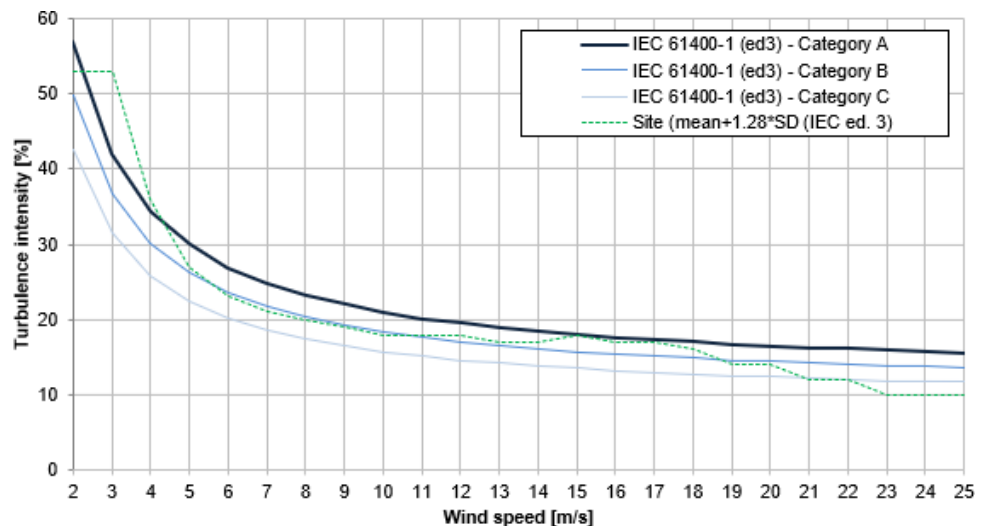
Lokacija mjernog tornja	Weibull parametri		
	A [m/s]	k [-]	Srednja vrijednost brzine vjetra [m/s]
Mjerenje vjetra na visini glavnine rotora vjetroturbine - 84m	7.29	1.511	6.57



Slika 4-12: Profil vertikalnog smicanja vjetra

#### 4.3.2.4 Intenzitet ambijentalne turbulencije

Intenzitet ambijentalne turbulencije se računa na visini od 60m. Sljedeća slika pokazuje da intenzitet ambijentalne turbulencije uz standardno odstupanje od 1.28 prelazi Klasu A za manje brzine vjetra do 4.5 m/s prema IEC 61400-1 standard [1]. Pri brzinama vjetra većim od 4.5 m/s Klasa A se ne prelazi na bilo kom intervalu brzine vjetra. Intenzitet ambijentalne turbulencije nalazi se između Klase A i Klase B za brzine vjetra između 11 m/s i 19 m/s. Napomena je da proizvođač mora garantovati za održivost tipa vjetroturbine pri ambijentalnoj turbulenciji, kao i turbulenciji koju prouzrokuje sami vjetropark (efektivna turbulencija).



Slika 4-13: Reprezentativni intenzitet turbulentnosti na 60m

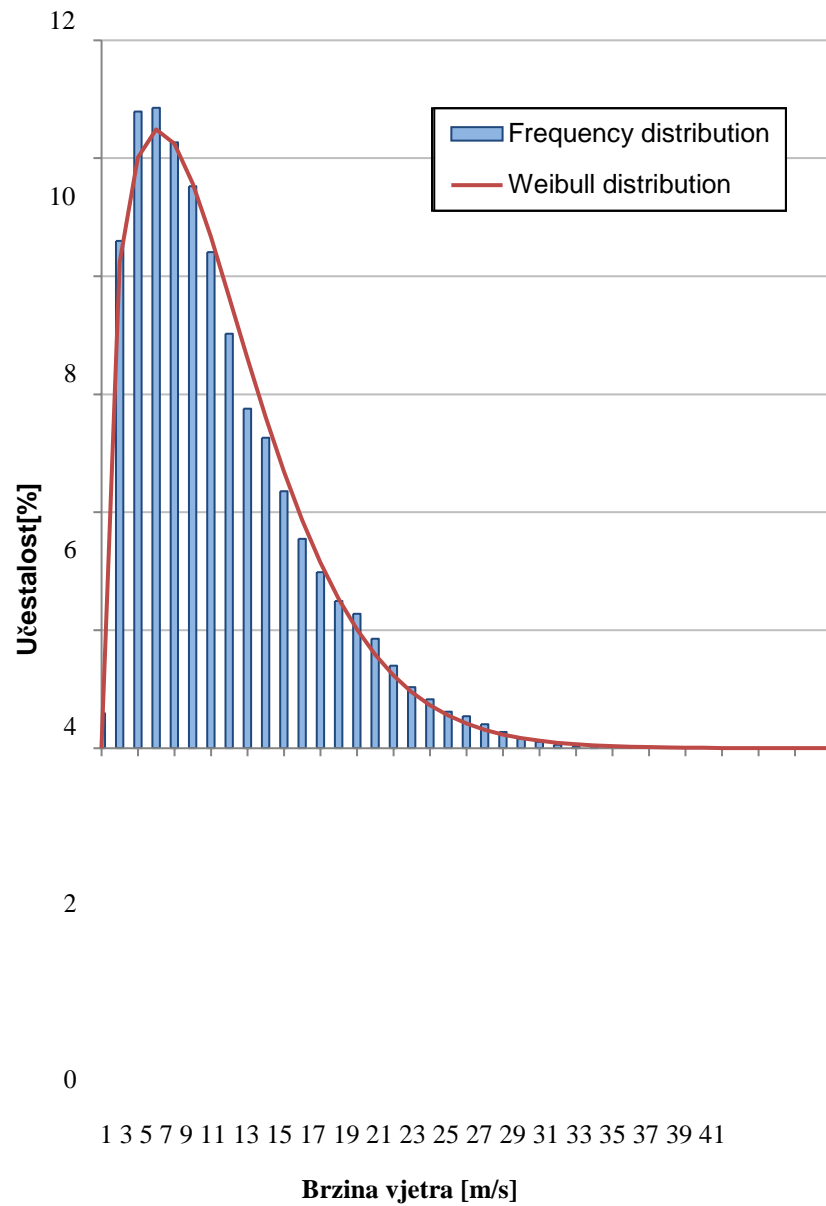
### 4.3.3 Mjerni stub MS 307

#### 4.3.3.1 Distribucija učestalosti

Srednja vrijednost brzine vjetra izmjerena na visini od 84m iznosila je **6.52 m/s**. Odgovarajuća Weibull distribucija sektora i pravaca je data u nastavku.

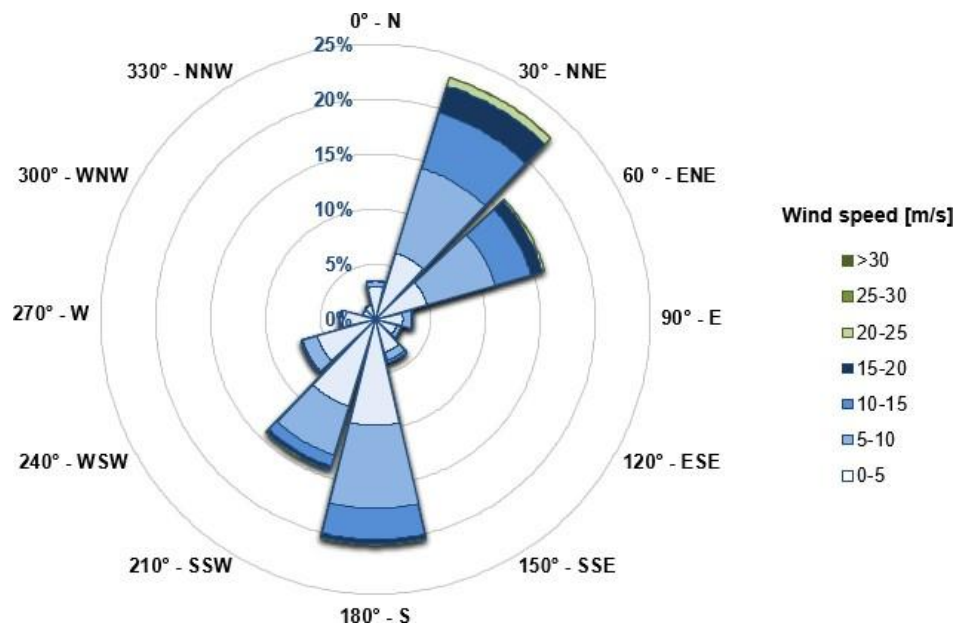
**Tabela 4-23: Weibull distribucija sektora primarnog anemometra**

Sektor	A parametar [m/s]	k parametar [-]	Učestalost [%]	Prosječna brzina vjetra [m/s]
N	4,026	1,4334	3,503	3,657
NNE	10,450	1,8179	22,933	9,288
ENE	9,336	1,8548	15,987	8,291
E	4,529	1,3719	3,403	4,141
ESE	3,829	1,5825	2,437	3,436
SSE	4,129	1,1815	4,128	3,900
S	7,270	1,7275	20,471	6,480
SSW	6,080	1,4599	14,297	5,508
WSW	4,528	1,6611	7,032	4,047
W	3,327	1,7052	3,232	2,968
WNW	2,382	1,5426	1,221	2,143
NNW	2,355	1,3812	1,355	2,151
<b>Ukupno</b>	<b>7,173</b>	<b>1,4269</b>	<b>100,000</b>	<b>6,519</b>



**Slika 4-14: Weibull distribucija - primarni anemometar**

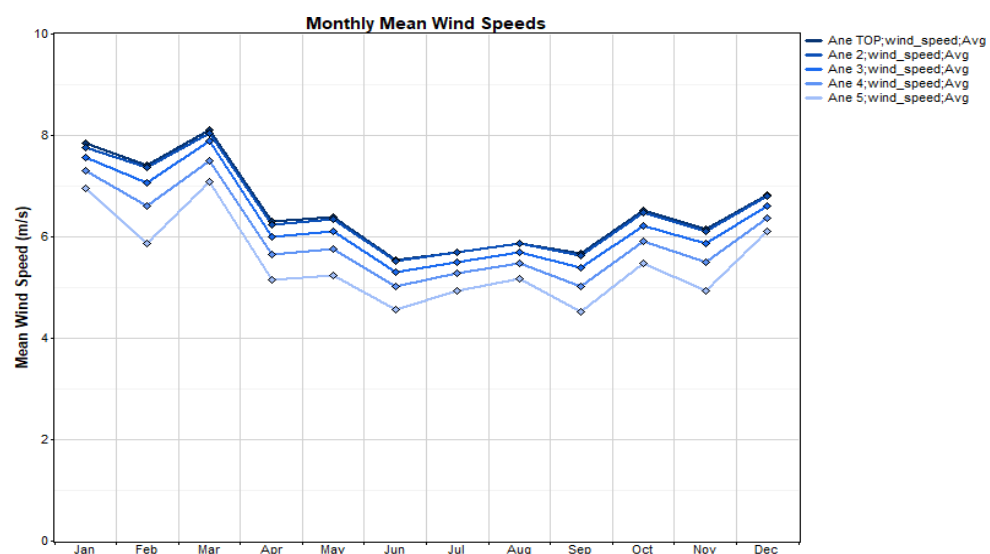
Distribucija pravca je prikazana na Slici 4-15. Prisutna su dva glavna pravca vjetra SSI (30°) i J (180°).



Slika 4-15: Distribucija pravca

#### 4.3.3.2 Mjesečna distribucija

Slika 4-16 prikazuje pregled mjesečne prosječne brzine vjetra pri svim visinama. Mjeseci sa najvećom brzinom vjetra su zimski mjeseci. Najniža brzina vjetra je zabilježena u junu i septembru.



**Slika 4-16: Mjesečna distribucija**

Rezultati mjesečnog mjerenja mjernog stuba su dati u sljedećoj tabeli:

**Tabela 4-24: Mjerni rezultati gornjeg anemometra (pročišćeno)**

godina	mjesec	Opseg korišćenja	Prosječno	Min	Max	Std. Odst..	Weibull k	Weibull A
		[%]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[-]	[m/s]
2015	Oct	-	-	-	-	-	-	-
2015	Nov	98.43	5.790	0.282	24.962	4.630	1.307	6.304
2015	Dec	99.31	5.371	0.284	20.366	4.757	1.144	5.650
2016	Jan	91.96	8.142	0.280	23.256	5.652	1.425	8.949
2016	Feb	94.90	8.329	0.290	22.908	4.916	1.715	9.324
2016	Mar	97.33	7.144	0.279	23.175	4.653	1.563	7.951
2016	Apr	99.19	6.156	0.292	24.007	3.801	1.703	6.919
2016	May	99.87	6.524	0.287	24.708	3.961	1.724	7.337
2016	Jun	99.81	5.494	0.284	18.844	3.509	1.618	6.147
2016	Jul	99.71	5.493	0.284	19.826	3.992	1.433	6.072
2016	Aug	99.64	6.282	0.282	19.812	4.320	1.500	6.979
2016	Sep	99.72	5.704	0.303	20.627	3.371	1.755	6.412
2016	Oct	99.89	6.664	0.307	25.673	4.369	1.622	7.477
2016	Nov	94.12	6.541	0.282	24.629	5.064	1.331	7.136
2016	Dec	99.82	8.291	0.291	25.649	5.594	1.467	9.149
2017	Jan	93.68	7.595	0.281	26.912	6.807	1.094	7.864
2017	Feb	97.45	6.493	0.295	20.288	3.961	1.687	7.280
2017	Mar	99.78	9.070	0.293	24.342	5.387	1.674	10.116
2017	Apr	98.94	6.453	0.303	18.242	3.863	1.739	7.258
2017	May	67.56	6.216	0.324	17.182	3.191	2.036	7.013
2017	Jun	93.26	5.634	0.291	21.392	3.958	1.492	6.265
2017	Jul	99.69	5.932	0.285	24.566	4.316	1.442	6.562
2017	Aug	99.87	5.501	0.290	18.573	3.343	1.725	6.190
2017	Sep	99.88	5.653	0.291	21.410	3.040	1.933	6.371
2017	Oct	99.46	6.385	0.283	25.573	5.480	1.230	6.864
Svi podaci		96.79	6.533	0.279	26.912	4.630	1.457	7.228

#### 4.3.3.3 Vertikalno smicanje vjetra

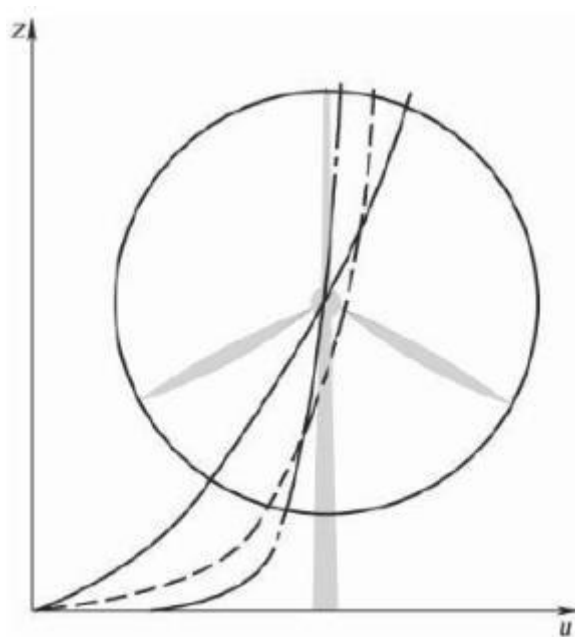
Vertikalna varijacija brzine vjetra je procijenjena na osnovu mjerenja vjetra na različitim visinama iznad tla koje su zabilježene na mjernom stubu, na osnovu zakona snage koji glasi:

$$\alpha = \ln(v_{z1}/v_{z2})/\ln(z_1/z_2),$$



gdje  $z_1$  predstavlja visinu anemometra (iznad nivoa tla) a  $v_{z_1}$  predstavlja brzinu vjetra na toj visini.

Vertikalni profili vjetra u smislu sektora koji su izmjereni na mjernom stubu razmatrali su se u cilju identifikacije efekata atmosferskih stanja pri nepostojanju neutralnosti. Kao što se vidi na Slici 4-17, atmosferska stabilnost utiče na vertikalno smicanje na specifičan i prepoznatljiv način. Ukoliko izmjereni vertikalni profil vjetra značajno odstupa od profila na logaritmu vjetra, vjerovatno će doći do atmosfere nepostojanja neutralnosti (bilo da je stabilna ili nestabilna, u zavisnosti od vrste odstupanja).



**Slika 4-17: Uticaj atmosferske stabilnosti na vertikalno smicanje vjetra (isprekidana linija: neutralno; puna linija: stabilno; tacka i crtica: nestabilno) (Izvor: [4])**

Naredna tabela prikazuje eksponent  $\alpha$  vertikalnog smicanja vjetra u smislu sektora izmjeren na mjernom stubu kao i njegovu odnosnu klasifikaciju stabilnosti.

**Tabela 4-25: Klasifikacija atmosferske stabilnosti na osnovu eksponenta vertikalnog smicanja vjetra**

Broj sektora	Pravac	Mjerenje 307			
		Učestalost	Eksponent smicanja vjetra	Vortex Ri	Stabilnost
		[%]			
1	0°	3.5	0.115	-0.773	Neutralno
2	30°	23.01	0.052	-0.224	Nestabilno
3	60°	15.93	0.072	0.091	Neutralno
4	90°	3.43	0.057	0.618	Neutralno
5	120°	2.45	0.047	0.300	Neutralno
6	150°	4.14	0.174	0.013	Neutralno
7	180°	20.44	0.256	-0.200	Neutralno
8	210°	14.27	0.180	-1.374	Neutralno
9	240°	7.04	0.141	-1.281	Nestabilno
10	270°	3.22	0.104	-0.942	Nestabilno

11	300°	1.21	0.110	-0.460	Neutralno
12	330°	1.36	0.084	-0.588	Neutralno
Ukupno		100	0.118	-0.295	

Predviđeno je da se WasP pouzdano korsiti u neutralnim atmosferskim uslovima i optimizovan je za korišćenje u srednjoj/sjevernoj Evropi.

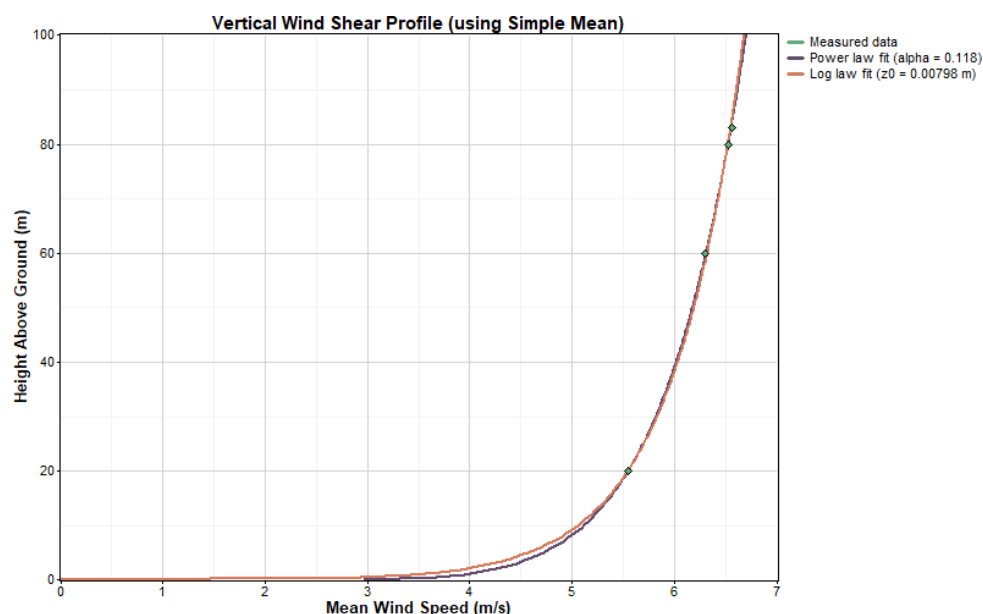
Izmjereni profil vertikalnog vjetra označava pojave u atmosferi nepostojanja neutralnosti u nekim od najčešćih sektora (nestabilni i stabilni uslovi). Može se očekivati da se toplotni fluks na posmatranoj lokaciji razlikuje od uslova u sjevernoj Evropi. Stoga je toplotni fluks podešen kako bi odgovarao sveukupnom mjerenom profilu vjetra.

Simulacija CFD sa WindSim-om je izvršena za modelovanje sektorskih uslova stabilnosti.

Eksponent  $\alpha$  prosječnog smicanja vjetra izmjeren je na mjernom tornju uzimajući u obzir visine od 20m do 84m. Anemometar smješten na 40m je zanemaren zbog polomljene anemometarske lopatice.

Dobijeni rezultat iznosi 0.118, što je u okvirima normalnog profila vjetra koji je dat u IEC 61400-1 Standard [1] (pogledati Sliku 4-18).

Eksponent smicanja vjetra se koristi kao opšta vrijednost za sva stanja vjetra izmjerena na 84m za sve planirane visine glavčine rotora vjetroturbine.

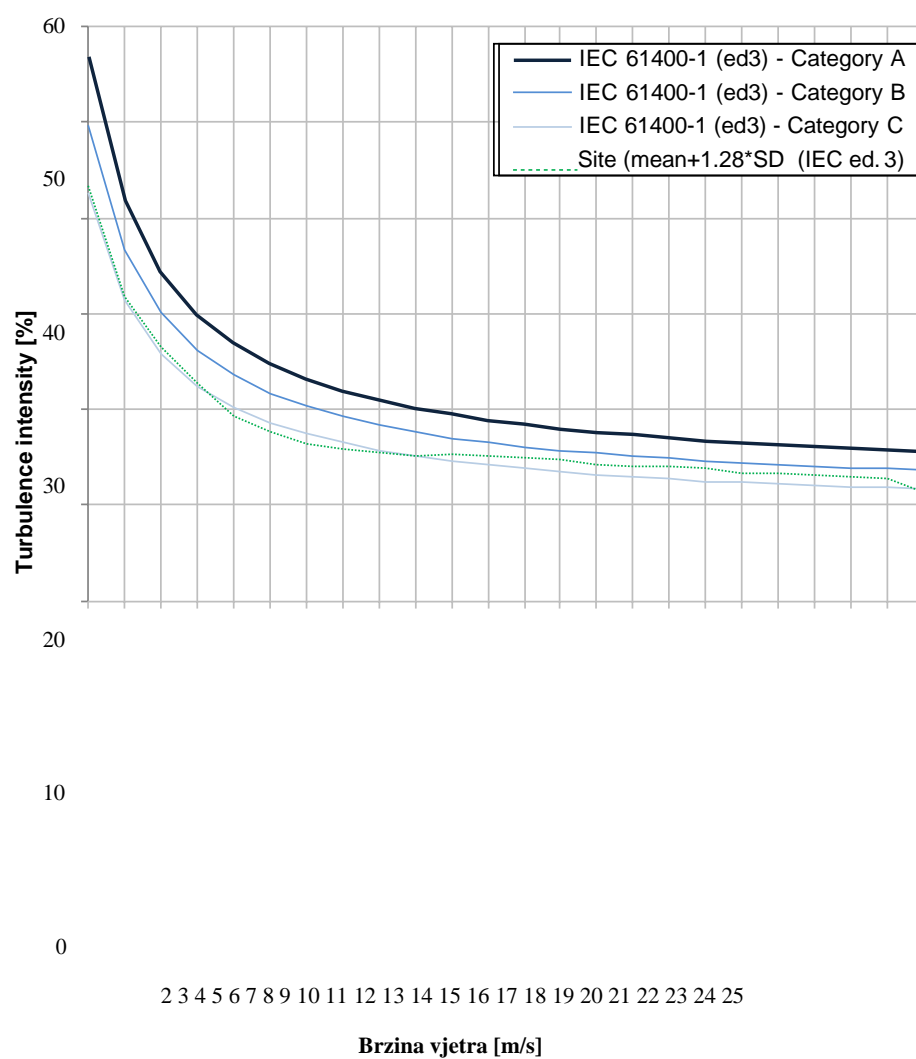


Slike 4-18: Profil vertikalnog smicanja vjetra

#### 4.3.3.4 Intenzitet ambijentalne turbulencije

Intenzitet ambijentalne turbulencije se računa uzimajući u obzir opšte uslove vjetra na 84m. Sljedeća slika pokazuje da intenzitet ambijentalne turbulencije uz standardno odstupanje od 1.28 prelazi Klasu C za sve brzine vjetra ne uključujući intervale između 6 and 10 m/s IEC 61400-1 standard [1].

Napominje se da proizvođač mora garantovati za održivost tipa vjetroturbine pri ambijentalnoj turbulenciji, kao i turbulenciji koju prouzrokuje sami vjetropark (efektivna turbulencija).



**Slika 4-19:      Reprezentativni intenzitet turbulencije procenjen na 84m**

## 5. Dugoročna procjena

Kratkoročna mjerenja nijesu značajna za dugoročnu klimu vjetra na lokaciji. Stoga je pri procjeni očekivane dugoročne proizvodnje energije na vjetroparku generalno neophodno da se usklade podaci zabilježeni na lokaciji sa podacima zabilježenim u obližnjem centru koji bilježi dugoročne podatke, kao što je meteorološka stanica, kako bi se utvrdili specifični dugoročni uslovi za vjetar.

Period referentnih podataka bi trebalo da traje što duže kako bi predstavljao tipična, prosječna stanja vjetra. Sa meteorološkog stanovišta, period od 30 godina se smatra reprezentativnim.

Međutim, pouzdani podaci za period od trideset godina se veoma rijetko nalaze. Stoga se smatra da period od deset godina predstavlja dobar kompromis između dugoročnih pokazatelja i pouzdanosti podataka.

### 5.1 Dugoročni referentni podaci

Najrelevantniji kriterijum za izbor dugoročnih referentnih podataka jeste funkcionalna veza između mjernih podataka i dugoročnih referentnih podataka i konzistentnosti podataka tokom dužeg vremenskog perioda (između 10 i 30 godina).

Obično, referentni podaci iz meteoroloških stanica ne zadovoljavaju kriterijum konzistentnosti. Referentni podaci se moraju bilježiti sa istom opremom na istoj visini tokom dužeg perioda, i površina zemljišta koje okružuje stanicu mora ostati nepromijenjena tokom istog perioda mjerenja.

Mezoskalni podaci su uzeti u obzir pri ovoj procjeni. Mezoskalni podaci su generalno konzistentni tokom dužeg perioda, i posebno su pripremljeni za lokaciju projekta. Potrebno je provjeriti konzistentnost izvora dugoročnih podataka kako bi se potvrdila njihova upotrebljivost. Na konzistentnost uglavnom utiču neobrađeni podaci. Izvor neobrađenih podataka se mijenja i to se ne može izbjeći zbog posmatračke mreže koja je promjenjiva i koja uključuje, ali se ne ograničava na radiosonde, satelit, bovu, letjelicu i brod [8].

Pregled relevantnih izvora dugoročnih podataka koji su razmatrani za ovaj projekat dat je u Tabeli 5-1.



**Tabela 5-1: Relevantni izvori dugoročnih podataka**

Broj	Izvor podataka	Vrsta podataka	Razdaljina od mjernog tornja 307 [km]	Dostupne mjerne visine [m]	Dostupni period [-]	Učestalost uzimanja uzoraka [min]
1	Vortex ERA5	Mezoskalni podaci na osnovu ERA5	0.6	100	20.01.2010-05.08.2018	60
2	Vortex ERA-I	Mezoskalni podaci na osnovu ERA-I	0	80	01.01.1997-07.07.2018	60
3	Vortex MERRA2	Mezoskalni podaci na osnovu MERRA2	0	80	01.01.1997-07.08.2018	60
4	Vortex CFSR	Mezoskalni podaci na osnovu CFSR	0	80	01.01.1997-07.10.2018	60

### 5.1.1 Dugoročni referentni podaci Vortex-a

Vortex SERIES<sup>2</sup> mezoskalni podaci se baziraju na ponovnoj analizi podataka i nudi se kao dvadesetogodišnja satna vremenska serija sa horizontalnom rezolucijom od 3km.

Vortex tehnologija se bazira na modelu meteorološkog istraživanja i prognoze (WRF). Sistem asimilacije homogenizuje unesene podatke u usklađena polja koja su raspoređena tako da pokreću globalni model kretanja koji donosi novi nivo izvedenih varijabli.

Vortex CFSR, ERA-I, ERA5 i MERRA2 se koriste za ovu procjenu. Skup podataka sadrži satne vrijednosti visine glavčine rotora vjetroturbine za periode:

- Brzine vjetra
- Pravca vjetra
- Temperature
- Pritiska
- Ri Broja
- Relativne vlažnosti

## 5.2 Reprezentativnost

U cilju pronalaska najprihvatljivijeg(ih) izvora dugoročnih podataka koji bi služili za dugoročnu korekciju, svi izvori dugoročnih podataka su usklađeni na satnom, mjesečnom i dnevnom nivou sa odabranim periodima mjernih stubova.

Podaci korelacije pokazuju kako se privremene varijacije dugoročnih referenci slažu sa privremenim varijacijama mjernih podataka. Veći koeficijent definisanja se uglavnom povezuje sa većom zastupljenošću dugoročnih referentnih podataka.

Dobijeni podaci korelacije su prikazani u tabeli 5-1.

---

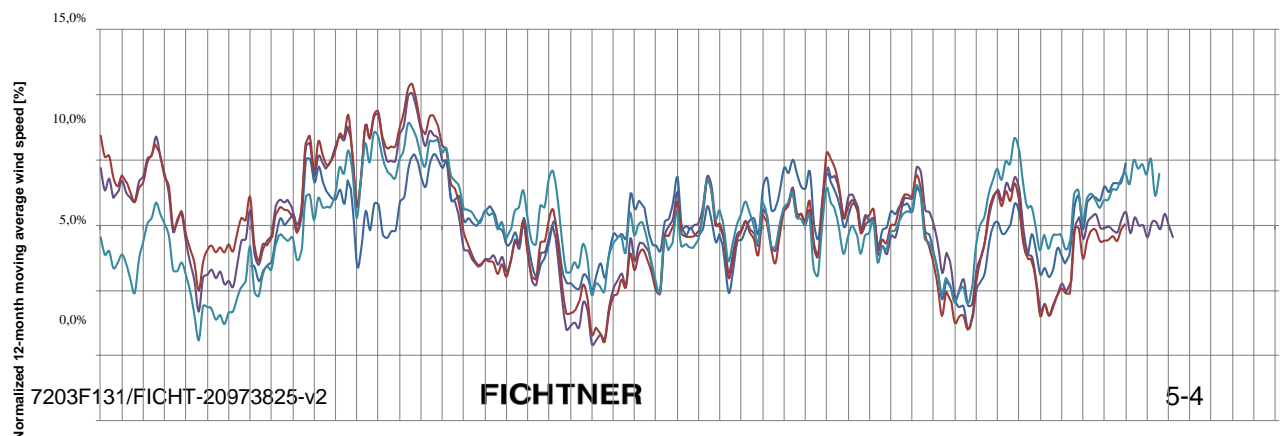
<sup>2</sup> <http://www.vortexfdc.com/solutions/>

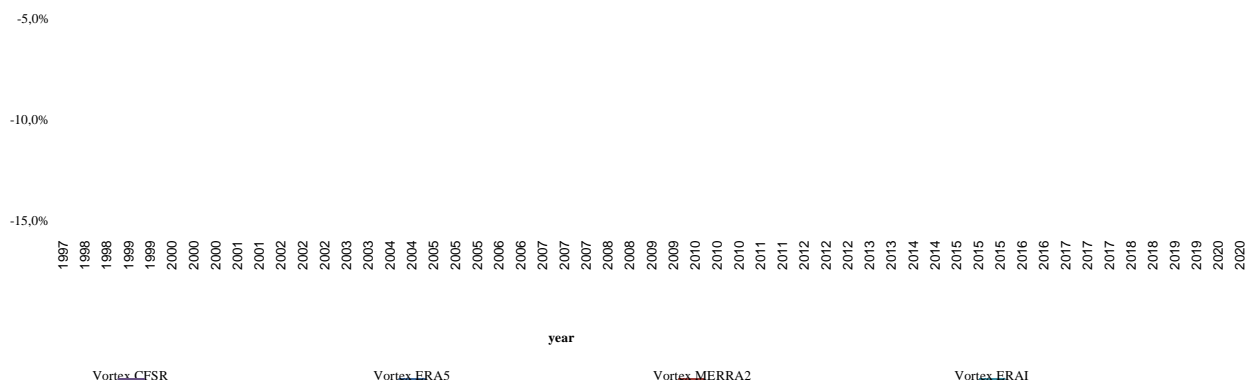
**Tabela 5-2: Rezultati korelacije**

Br.	Izvori podataka	Satna korelacija	Dnevna korelacija	Mjesečna korelacija
		MS 302	MS 302	MS 302
1	Vortex ERA5	0.769	0.835	0.914
2	Vortex ERA-I	0.750	0.802	0.903
3	Vortex MERRA2	0.743	0.805	0.903
4	Vortex CFSR	0.761	0.823	0.918
		MS 307	MS 307	MS 307
5	Vortex ERA5	0.835	0.928	0.936
6	Vortex ERA-I	0.819	0.883	0.920
7	Vortex MERRA2	0.856	0.921	0.939
8	Vortex CFSR	0.842	0.902	0.918

### 5.3 Provjera konzistentnosti

Provjera konzistentnosti je kvalitativno izvršena pri prvom koraku tako što su se međusobno upoređivali svi dugoročni izvori podataka. Kako bi se smanjile sezonske varijacije, računao se i normalizovao dvanaestomjesečni period prosječne brzine vjetra. Sljedeća slika prikazuje podatke o sezonskoj normalizovanoj brzini vjetra.





**Slika 5-1: dvanaestomjesečni prikaz kretanja prosječne brzine vjetra odabranih dugoročnih skupova referentnih podataka u odnosnom periodu**

Sljedeći korak je bila procjena vjerovatnosti različitih dugoročnih pokazatelja uzimajući u obzir mjernne podatke sa mjernih stubova MS 302 i MS 307 računajući faktore dugoročnog prilagođavanja tako da se bilo koji trend u faktorima dugoročnog prilagođavanja može identifikovati.

Analizom je utvrđeno da nijedan skup podataka nije imao drugačiji trend.

## 5.4 Izbor dugoročnih referentnih podataka

Vortex ERA5 i Vortex CFSR imali su najbolju uzajamnu vezu sa mjernim podacima sa mjernog stuba MS 302. Ovi izvori podataka smatrali su se konzistentnim i vjerodostojnim, stoga je odlučeno da se za određivanje promjenjivosti vjetra koriste oba izvora podataka u svrhu dugoročne korekcije.

Podaci dobijeni od ERA-I i MERRA2 nijesu se koristili.

Sa druge strane, Vortex MERRA2 i Vortex CFSR imali su dobru uzajamnu vezu sa mjernim podacima dobijenim sa mjernog stuba MS 307. Oba izvora podataka smatraju se konzistentnim i vjerodostojnim, stoga je odlučeno da se koriste oba izvora podataka za potrebe dugoročne korekcije. Podaci dobijeni od ERA5 i ERA-I nijesu se koristili.

## 5.5 MCP procedura (Mjeriti – Povezati – Predvidjeti)

### 5.5.1 Predviđanje dugoročnih uslova za vjetar

Metod mjeriti – povezati – predvidjeti (MCP) koristi se za određivanje dugoročnih uslova za vjetar. Izabrana MCP procedura za MS 302 jeste Neural Network<sup>3</sup> za oba izabrana dugoročna izvora podataka, jer ista pokazuje manju grešku u poređenju sa linearnom regresijom ili matricom MCP.

Za MS 307 izabrana MCP procedura je Matrica MCP jer pokazuje manju grešku u poređenju sa Neural Network ili Linearnom regresijom MCP.

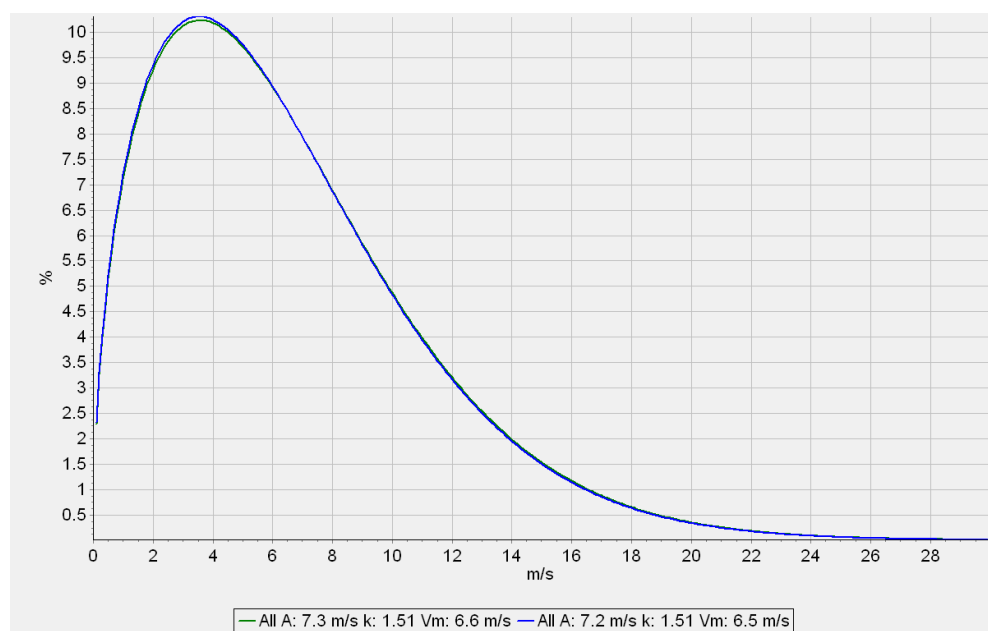
Kako bi se utvrdio kvalitet odnosa i održivosti izabranog skupa dugoročnih podataka i izabranog MCP metoda, urađen je test samo-konzistentnosti za proizvedene dugoročne korektovane vremenske serije.

Sljedeće cifre se odnose na rezultate testa samo-konzistentnosti za MS 302 i MS 307.

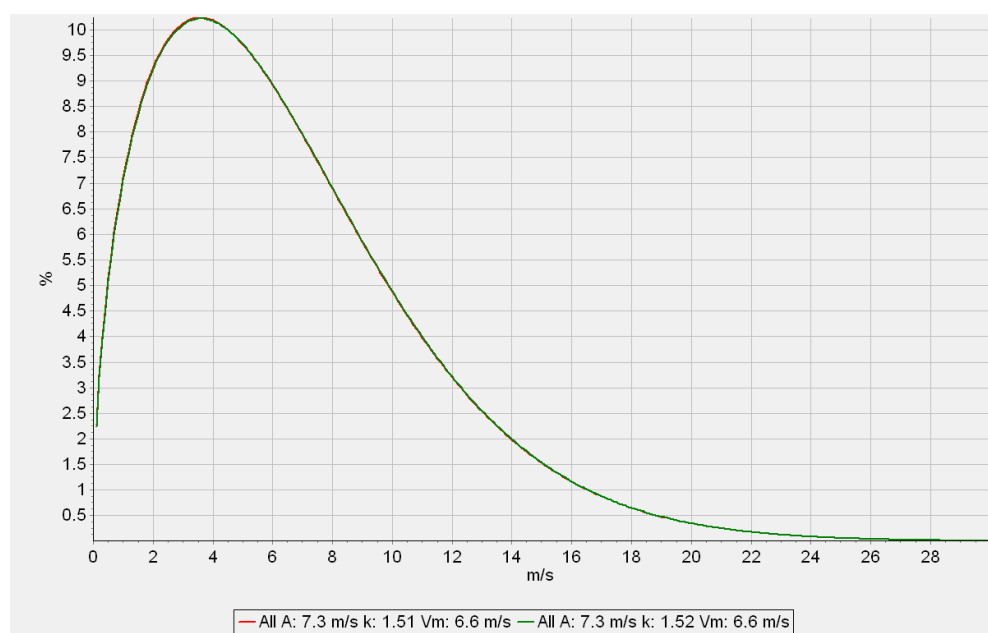
Dobijeni rezultati su zadovoljavajući i stoga su parametri odnosa i MCP metode primjenjivi na izabrani dugoročni period.

---

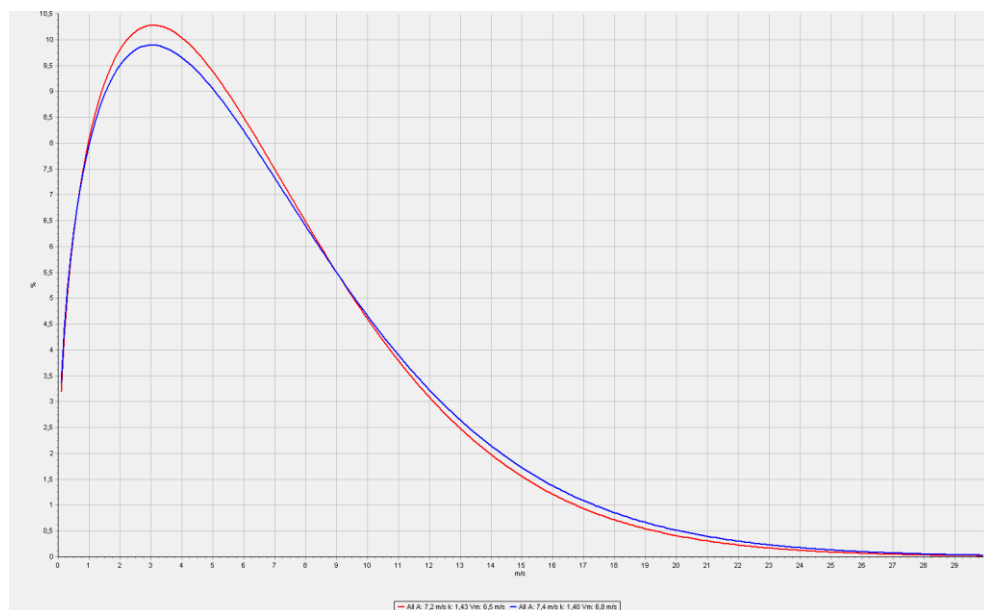
<sup>3</sup> Neural Network je kod zasnovan na mašinskom učenju koji uzima u obzir dnevne varijacije, mjesečne varijacije



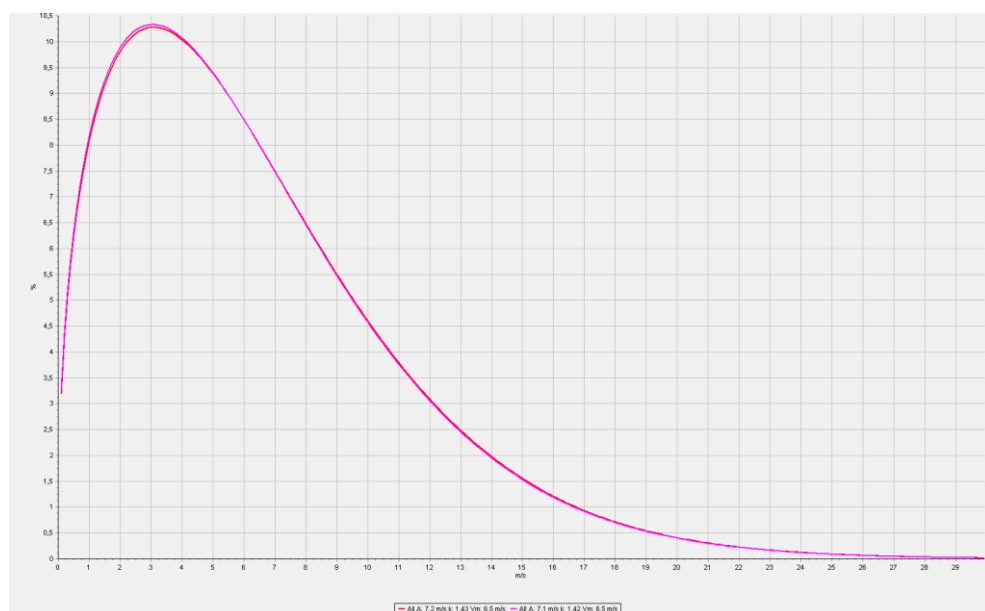
**Slika 5-2:** Upoređivanje distribucije tokom mjernog perioda MS 302 mjerni stub – izmjereno i dugoročno korigovano sa Vortex ERA5.



**Slika 5-3:** Upoređivanje distribucije tokom mjernog perioda MS 302 meteorološki toranj – izmjereno i dugoročno korigovano sa Vortex CFSR



**Slika 5-4:** Upoređivanje distribucije tokom mjernog perioda MS 307 meteorološki toranj – izmjereno i dugoročno korigovano sa CFSR



**Slika 5-5:** Upoređivanje distribucije tokom mjernog perioda MS 307 meteorološki toranj – izmjereno i dugoročno korigovano sa Vortex MERRA2

### 5.5.2 Dugoročni uslovi za vjetar



Predviđeni dugoročni uslovi za vjetar na lokacijama mjernog stuba na planiranoj visini glavčine rotora vjetroturbine sumirani su u sljedećoj tabeli. Nesigurnosti koje se odnose na primjenjeni metod dugoročnog predviđanja su opisani u odjeljku 9.

Rezultati MCP metode su prikazani u Tabeli 5-3 na visini od 84m (očekuje se da je dugoročna brzina vjetra manja od one koja se javljala u periodu mjerenja za toranj MS 307).

**Tabela 5-3: Dugoročna prosječna brzina vjetra dobijena na 84m**

Lokacija mjernog stuba	Prosječna brzina vjetra [m/s]	Faktor dugoročnog prilagođavanja [%]
MS 302 Dugoročno ERA5 (2002 - 2017)	6.63	100.9
MS 302 Dugoročno CFSR (2002 - 2017)	6.74	102.6
MS 307 Dugoročno CFSR (2002 - 2017)	6.39	96.6
MS 307 Dugoročno MERRA2 (2002 - 2017)	6.43	96.4

## 6. Konfiguracija vjetroparka

### 6.1 Model vjetroturbine

Klijent razmatra ugradnju vjetroturbine od sljedećih proizvođača:

- Enercon
- GE
- Nordex
- Senvion
- Siemens
- Vestas

Prema uslovima za vjetar na lokaciji, odabrane su vjetroturbine koje su prikazane u sljedećoj tabeli.

Razmatrani VTG modeli i tehničke specifičnosti date su u Tabeli 6-1.

**Tabela 6-1: Specifikacije VTG modela za vjetropark Zeleni Gvozd**

Stavka	Jedini ca	1	2	3	4	5	6
Proizvođač	-	Enercon	GE	Nordex	Senvion	Siemens Gamesa	Vestas
WTG Model	-	E-138 EP3	GE 3.8- 130	N 131- 3.9	3.4M140	SG 3,6 - 130	V136 - 4.0 boost 4.2
IEC Klasa	-	IIIA	IIIA	S	IIIA	IIIA	IIB
Nominalna snaga	[MW]	3.5	3.83	3.9	3.4	3.6	4.0
Prečnik rotora	[m]	139	130	131	140	130	136
Visina glavčine rotora vjetroturbine	[m]	81m, 111m	85m, 110m	114m, 120m	110m, 130m	85m, 115m	105m, 112m
Broj VTG	-	16	16	16	16	16	16
Ukupna snaga	[MW]	56	61.3	62.4	54.4	57.6	67.2

Za potrebe revizije ovog izvještaja, dodatni modeli VTG su odabrani od strane klijenta:

Stavka	Jedinica	
Proizvođač	-	Nordex
VTG Model	-	N 149-4.5
IEC Klasa	-	S
Nominalna snaga	[MW]	4.5
Prečnik rotora	[m]	149.1
Visina glavčine rotora vjetroturbine	[m]	125m
Broj VTG	-	12
Ukupna snaga	[MW]	54

Stavka	Unit	
Proizvođač	-	Vestas
VTG Model	-	V150 - 4.0 boost 4.2
IEC Klasa	-	IIIB
Nominalna snaga	[MW]	4.0
Prečnik rotora	[m]	150
Visina glavčine rotora vjetroturbine	[m]	105m
Broj VTG	-	13
Ukupna snaga	[MW]	54.6

Krivulje za snagu i potisak su dobijene iz WindPRO softvera. Klijent je obezbjedio krivulje snage i potiska za Vestas V136-4.0MW i V150-4.0MW, oba sa optimizovanim načinom pojačanja snage. Razmatrane krivulje za snagu i potisak su date u Prilogu C.

## 6.2 Dispozicija vjetroparka

Dispozicija vjetroparka proizilazi od informacija koje su dostavljene od strane Klijenta, i dispozicija vjetroparka je nepromjenjiva zbog glavnog projekta i riješenih pitanja svojine zemljišta.

Generalno, preporučuje se minimalna razdaljina između turbina od tri dužine prečnika rotora između VTG onshore vjetroparkova. Kod preovladavajuće brzine vjetra preporučuje se minimalna razdaljina od pet dužina prečnika rotora kako bi se ograničili gubici zavjetrine, turbulencije i opterećenja turbina u smjeru vjetra.

Koordinate lokacija turbina su date u Tabeli 6-2.

**Tabela 6-2: Dispozicija i koordinate vjetroparka**

	Koordinate (GK Balkans MGI Zones 6)		Visina [m.n.v.]
	Istok [m]	Sjever [m]	
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423.0
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430.0
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400.0
T 4	6,588,775	4,747,692	1,418.9
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420.0
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430.0
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440.0
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550.0
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600.0
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593.3
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592.0
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600.0
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600.4
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610.0
T 15	6,593,059	4,744,674	1,648.7
T 16	6,593,383	4,744,502	1,659.6

Provjera razdaljine je obavljena na osnovu lokacije turbina i u skladu sa prečnikom rotora VTG od 130m. Razdaljine između turbina su sumirane u sljedećoj tabeli.

**Tabela 6-3: Među-turbinske razdaljine sa prečnikom rotora od 130m**

VTG			VTG		[m]	PR
T	1		T	2	402	3.1
T	2		T	3	388	3.0
T	3		T	2	388	3.0
T	4		T	5	261	2.0
T	5		T	4	261	2.0

<b>T</b>	<b>6</b>		<b>T</b>	<b>5</b>	708	5.4
<b>T</b>	<b>7</b>		<b>T</b>	<b>3</b>	678	5.2
<b>T</b>	<b>8</b>		<b>T</b>	<b>9</b>	426	3.3
<b>T</b>	<b>9</b>		<b>T</b>	<b>10</b>	389	3.0
<b>T</b>	<b>10</b>		<b>T</b>	<b>9</b>	389	3.0
<b>T</b>	<b>11</b>		<b>T</b>	<b>12</b>	382	2.9
<b>T</b>	<b>12</b>		<b>T</b>	<b>11</b>	382	2.9
<b>T</b>	<b>13</b>		<b>T</b>	<b>14</b>	330	2.5
<b>T</b>	<b>14</b>		<b>T</b>	<b>13</b>	330	2.5
<b>T</b>	<b>15</b>		<b>T</b>	<b>16</b>	367	2.8
<b>T</b>	<b>16</b>		<b>T</b>	<b>15</b>	367	2.8
<b>Min</b>					261	2.0
<b>Max</b>					708	5.4
<b>Prosječno</b>					403	3.1

Kod pojedinih lokacija među-turbinske razdaljine su niže od 3.0 u prečniku rotora od susjednih VTG čak i kod prečnika rotora od 130m. Ovo je ispod preporučene minimalne razdaljine.

Zbog toga su u konačnoj dispoziciji vjetroparkova sa 13 Vesta V136 i V150, tri turbine uklonjene uz konsultaciju sa klijentom. Radi se o turbinama T3, T5 i T7.

Za dodatnu dispoziciju koja se razmatra za Nordex N-149, 4,5 MW WTG odabrano je samo 12 pozicija za turbine. Turbine T3, T5, T6 i T7 su uklonjene.

**Tabela 6-4: Dispozicija i koordinate vjetroparka za 12 Nordex N149**

	Koordinate (GK Balkans MGI Zones 6)		Visina [m.n.v.]
	Istok [m]	Sjever [m]	
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423.0
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430.0
T 4	6,588,775	4,747,692	1,418.9
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550.0
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600.0
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593.3
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592.0
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600.0
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600.4
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610.0
T 15	6,593,059	4,744,674	1,648.7
T 16	6,593,383	4,744,502	1,659.6

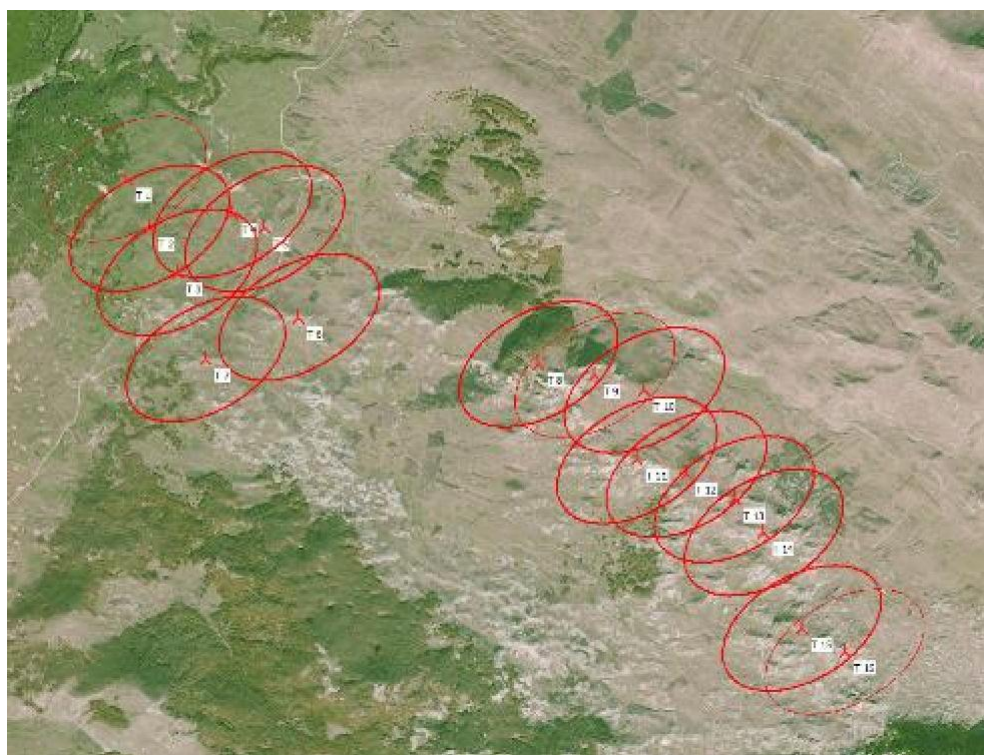
Dispozicija vjetroparka sa 16 generatora VTG kao i razdaljina elipsa sa 5 prečnika rotora u preovladavajućem pravcu vjetra i 3 prečnika rotora vertikalno sa preovladavajućim pravcem vjetra dati su na Slici 6-1.

Kada se VTG preklapaju sa susjednim elipsama znači da je među-turbinska razdaljina manja od 5 prečnika rotora u

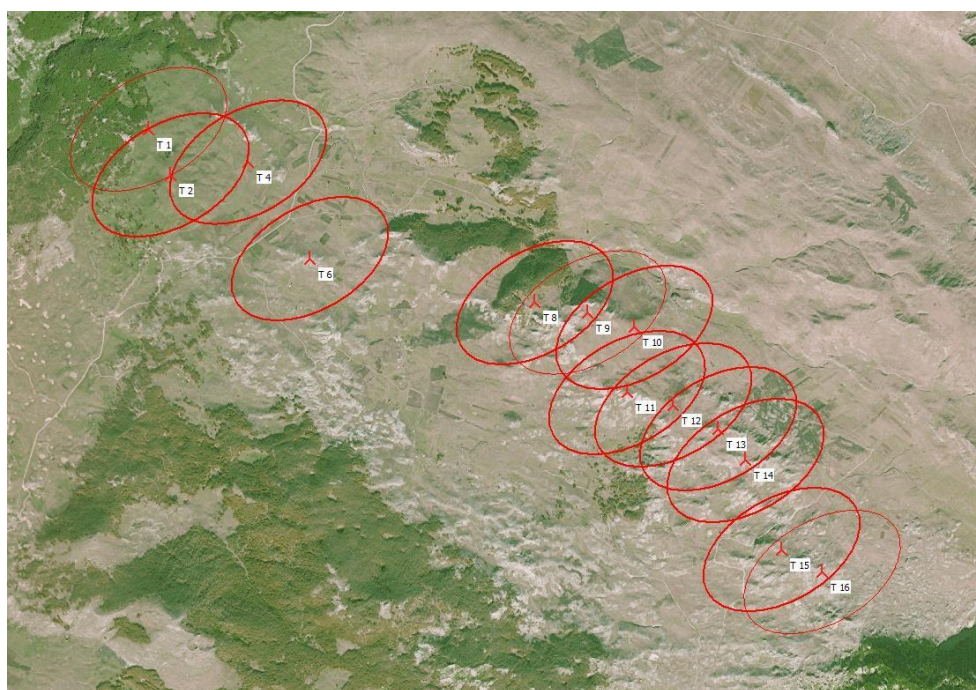
preovladavajućem pravcu vjetra i 3 prečnika rotora vertikalno od glavnog smjera vjetra, što se preporučuje kao generalna minimalna razdaljina.

Odnosni prečnik rotora VTG projekta je uzet u obzir. Pretpostavilo se da je preovladavajući pravac vjetra JZ (240°) kao što se vidi na Slici 4-5:



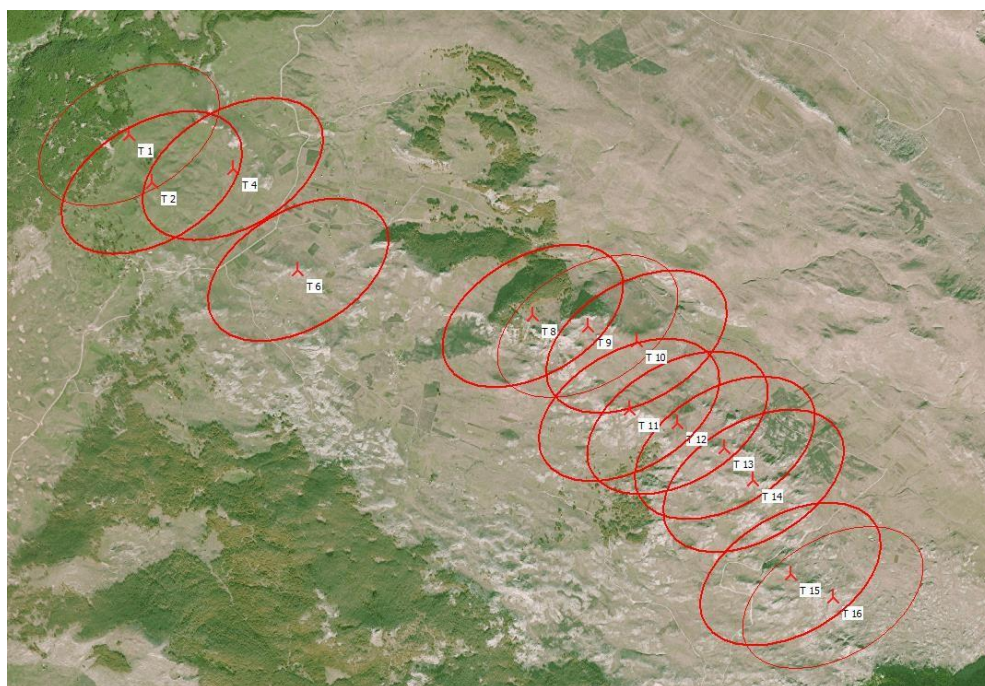


**Slika 6-1: Dispozicija Vjetroparka Gvozdeni sa 16 generatora vjetroturbine prečnika rotora od 130m**

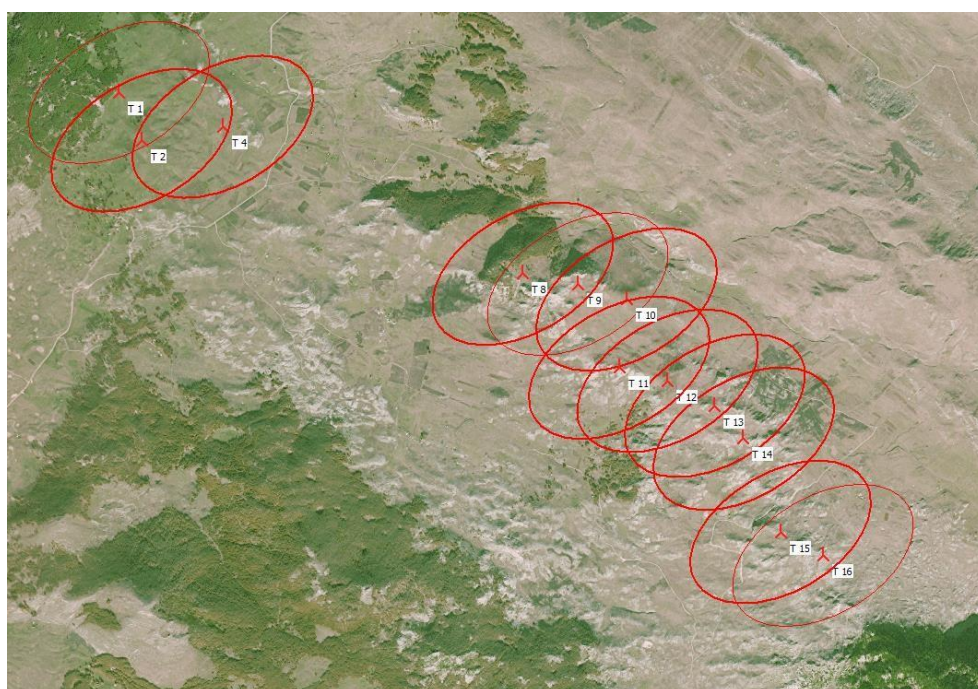


**Slika 6-2: Dispozicija Vjetroparka Gvozdeni sa 13 Vesta V136**





**Slika 6-3: Dispozicija Vjetroparka Gvozden sa 13 Vesta V150**



**Slika 6-4: Dispozicija Vjetroparka Gvozden sa 12 Nordex N149-4**

### 6.3 Susjedni vjetroparkovi

Susjedne vjetroparka koje su uzete u obzir su date u odjeljku 3.3.1. Tokom poslete lokaciji, u okolini su uočene vjetroturbine u pogonu.

## 6.4 Okolne prepreke

Prepreke koje su prilikom procjene uzete u obzir su opisane u odjeljku 3.3. Površina zemljišta i vegetacija su prikazane u sirovom obliku.

## 7. Modelovanje strujanja vjetra

Preliminarno modelovanje strujanja vjetra je izvršeno uz pomoć WasP modela strujanja. Zbog topografske složenosti terena, izvršena je CFD simulacija koristeći WindSim za procjenu promjena brzine vjetra na lokaciji.

U daljem tekstu opisane su različite simulacije.

### 7.1 Model strujanja WAsP

Za procjenu je korišten model strujanja WAsP u verziji 11.05.0032. Statičko modelovanje je izvršeno uz pomoć statistike sektora vjetra koja je rezultat dugoročnih korektovanih vremenskih serija vjetra u sektorima pravca vjetra od 30°.

Veličina domena modela povezana je sa opsegom mape podataka (pogledati odjeljak 3). Model je postavljen na zumirajuću polarnu mrežu, što znači da je rezolucija u sredini veća nego na ivicama domena. Povećanje u veličini mreže iznosi 6% od jednog polja do drugog. Veličina mreže na sredini je usklađena u odnosu na ukupnu veličinu ukupnog domena. Na primjer, rezultat radijusa veličine domena od 20km je rezolucija od 5.3m u sredini mreže.

#### 7.1.1 WAsP parametrizacija

Glavna struktura statistike vjetra WAsP-a je podešena tako da odražava mjerenje visine mjernog stuba i visine glavčine rotora vjetroturbine.

The WAsP heat flux over land parameter has been adjusted to represent the wind shear of the most frequent sector.

## Verifikacija modela strujanja

7.1.2

Unakrsna predviđanja za verifikaciju modela strujanja je izvršena upoređivanjem mjerenih i prikazanih brzina vjetra između konkurentnih mjerenja.

Rezultati izvedenog unakrsnog predviđanja su predstavljani u nastavku za visinu od 60m.

**Tabela 7-1: Rezultati unakrsnih predviđanja WAsP modela strujanja**

Referentni senzor	Ciljni senzor	Ciljni model [m/s]	Greška [%]
301A	307	6.31	-3.6
307	301A	6.21	4.9

## 7.2 CFD WindSim Model

CFD modelovanje strujanja vjetra je izvršeno u cilju uopštavanja dugoročnih korigovanih podataka o vjetru vertikalno i horizontalno do mjesta i visine glavčine rotora vjetroturbina. CFD modelovanje je odrađeno uz pomoć WindSim softvera, verzija 9.0.

### Opšta metodologija

#### 7.2.1

CFD modelovanje domena je određeno za centralnu lokaciju projekta. Prostorne dimenzije su izabrane na osnovu ukupne projektne oblasti i uslova za vjetar koji su naznačeni odnosnim mjernim podacima o vjetru. Karakteristike računske mreže (kao što je visina, rezolucija) su određene u odnosu na veličinu domena, komplikovanosti terena, dispozicije vjetroparka i računskih troškova.

Atmosferska stabilnost je procijenjena na osnovu izmjerenog vertikalnog profila vjetra. Na osnovu određenog specifičnog vjetra na samoj lokaciji i uslova atmosferske stabilnosti:

- početni i granični uslovi kao što je visina graničnog sloja, pritisak i brzina;
- and and odgovarajući fizički modeli za referentnu temperaturu i brzinu vjetra, Monin-Obukhov modeling dužine i turbulentnosti;
- računski parametri kao što je rješavanje, paralelno računanje i broj ponavljanja su odabrani i unešeni u model. Potom je model odrađen za 12 sektora pravca vjetra dok nije postignuto realno približno rješenje za polje vjetra.

Modelovani vertikalni profil smicanja vjetra na lokaciji mjernog stuba je prenešen i upoređen sa izmjerenim profilima smicanja vjetra u cilju procjene vertikalne preciznosti modelovanja.

U skladu sa rezultatima upoređivanja vertikalnog smicanja vjetra problemi preciznosti u smislu sektora u rezultatima modelovanja su ublaženi putem usklađivanja sljedećih parametara:

- parametri simulacije;
- fizički model;
- uslovi stabilnosti (izmjenom MOL-a); i
- količina ponavljanja u modelovanju.

Usklađivanja su ponavljana dok nije postignut razuman nivo sigurnosti u smislu preciznosti rezultata modelovanja.

Procijenjeni dugoročni uslovi za vjetar su unijeti u modelovani softver. Mape resursa su generisane kao izlazni podaci za model.

## Procjena atmosferske stabilnosti

7.2.2

Atmosferska stabilnost se procjenjuje kako bi se uključila temperaturna formula u model, koja predstavlja atmosferske uslove u kojima ne postoji neutralnost.

WindSim zahtjeva unos specifičnih vrijednosti za Monin-Obukovu dužinu (MOL) zajedno sa referentnom temperaturom, referentnom visinom i brzinom vjetra na toj visini. Mjerna visina na najvisočijem anemometru mjernog stuba se uzima kao referentna visina. Dugoročna prosječna brzina vjetra na mjernom stubu se razmatra zajedno sa Bulk Ričardsonovim ciframa iz dugoročnih podataka.

Monin-Obukova dužina se postiže prema rezultatima dobijenim u odjeljku 4.3.3.3.

Uz pomoć dobijenih rezultata određuju se ukupni uslovi stabilnosti, što odnosi na svih 12 smjerova sektora modela. Nakon što je simulacija odrađena sa pomenutim ukupnim uslovima stabilnosti, modelovani vertikalni profili vjetra se upoređuju sa mjernim profilima vjetra za svaki sektor pravca vjetra posebno. Ukoliko se modelovani profili ne poklapaju, simulacija se vrši nanovo po usklađenim postavkama stabilnosti. Taj postupak se ponavlja sve dok modelovani rezultati ne prikažu izmjerene vertikalne profile vjetra na najbolji mogući način.

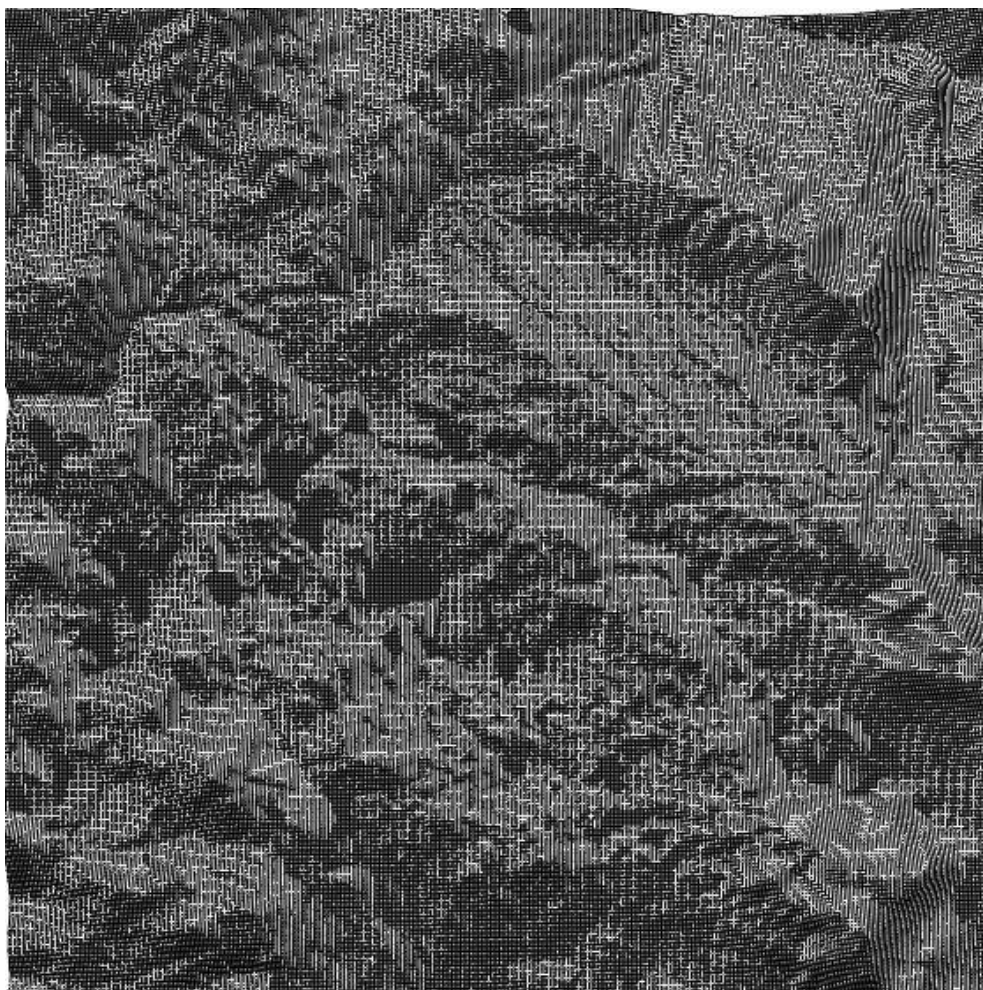
## Parametri CFD simulacije

7.2.3

### 7.2.3.1 Domen i mreža računskog modela

Opseg domena računskog modela se određuje u odnosu na dostavljenu dispoziciju vjetroparka, susjedne vjetroturbine i okolni teren. Horizontalna mreža se određuje jednako za ukupnu oblast projekta. Kreirana horizontalna mreža unutar domena modela je prikazana na Slici 7-1.





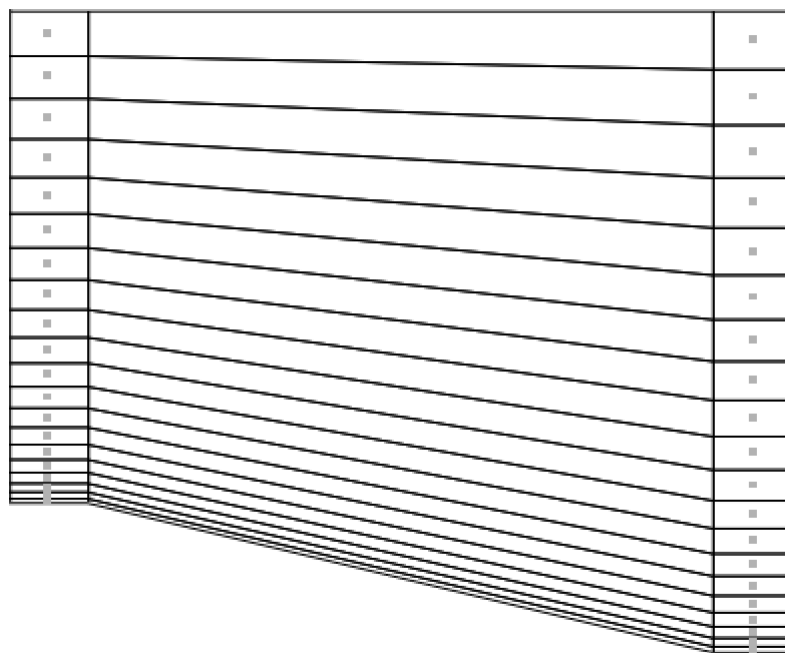
**Slika 7-1:** Horizontalna mreža unutar domena modela sa pročišćenim dijelom u sredini

Vertikalna mreža je dodatno proširena nagore zadržavajući bar sedam polja u okviru prvih 70 m iznad nivoa tla. Raspodjela prvih 10 čvorova u z-pravcu data je u sljedećoj tabeli 7-2 i prikazana na Slici 7-2.

**Tabela 7-2:** Raspodjela prvih 10 čvorova u z –pravcu (u odnosu na tlo) na poziciji sa maksimalnom i minimalnom kotom.

Parametar	Jedinica	Čvorište u z-pravcu				
		1	2	3	4	5
z-udaljenost u odnosu na tlo @ pozicija sa maksimalnom kotom	[m]	2.9	9.6	18.1	28.3	40.3
z-udaljenost u odnosu na tlo @ pozicija sa minimalnom kotom	[m]	4.3	14.0	26.4	41.4	59.0
		6	7	8	9	10

z-udaljenost u odnosu na tlo @ pozicija sa maksimalnom kotom	[m]	54.1	69.7	87.0	106.1	126.9
z-udaljenost u odnosu na tlo @ pozicija sa minimalnom kotom	[m]	79.1	101.9	127.2	155.1	185.6



**Slika 7-2:** Vertikalna mreža sa proširenom veličinom mreže u z-pravcu

Glavni parametri domena i mreže računskog modela su rezimirani u Tabeli 7-3.

**Tabela 7-3:** Parametri modela i mreže modela

Stavka		Jedinica	Vrijednost
<b>Karakteristike domena</b>			
x-dimenzija	min	[m]	340,465.8
UTM WGS84 Zone 34	max	[m]	350,485.8
y-dimenzija	min	[m]	4,742,078.5
UTM WGS84 Zone 34	max	[m]	4,752,098.5
Proširenje u x-dimenziji		[m]	10,020.0
Proširenje u y-dimenziji		[m]	10,020.0
<b>Rezolucija mreže</b>			
x-dimenzija		[m]	10
y-dimenzija		[m]	10
z-dimenzija		[m]	promjenjiva

Broj polja		
in x-dimenzija	[-]	334
in y-dimenzija	[-]	334
in z-dimenzija	[-]	46

### 7.2.3.2 Postavke simulacije

Primjenjene postavke simulacije u smislu sektora su date u nastavku.

**Tabela 7-4: Postavke simulacije**

Date	Time	Sector	Nesting	Height_BL	Speed_BL	Top_BC	Restart
08.02.19	06:36:27	000	No	500.0	10.0	fix pres.	No
09.02.19	03:07:09	030	No	700.0	8.0	fix pres.	No
09.02.19	05:49:47	030	No	700.0	8.0	fix pres.	Yes
12.02.19	01:43:31	030	No	700.0	8.0	fix pres.	Yes
09.02.19	15:50:32	060	No	600.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	06:30:02	090	No	500.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	06:29:32	120	No	500.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	06:25:11	150	No	500.0	10.0	fix pres.	No
07.02.19	08:18:23	180	No	500.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	18:16:30	210	No	550.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	02:44:27	240	No	800.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	14:11:36	270	No	750.0	10.0	fix pres.	No
07.02.19	08:16:14	300	No	500.0	10.0	fix pres.	No
08.02.19	15:33:54	330	No	750.0	10.0	fix pres.	No

Table 1. Boundary and initial conditions for the wind field simulations.

Date	Time	Sector	Solver	Conviz	#Iter	#Iter exe	Time exe (S)
08.02.19	06:36:27	000	P.GCV( 6)	No	600	600	03:33:03 (-)
09.02.19	03:07:09	030	P.GCV(20)	No	1000	746	02:50:00 (-)
09.02.19	05:49:47	030	P.GCV(20)	No	700	699	02:03:23 (-)
12.02.19	01:43:31	030	P.GCV(24)	No	500	444	01:05:33 (-)
09.02.19	15:50:32	060	P.GCV(24)	No	450	450	01:03:15 (-)
08.02.19	06:30:02	090	P.GCV( 6)	No	600	600	03:26:36 (-)
08.02.19	06:29:32	120	P.GCV( 6)	No	600	600	03:26:01 (-)
08.02.19	06:25:11	150	P.GCV( 6)	No	600	600	03:21:38 (-)
07.02.19	08:18:23	180	P.GCV( 6)	No	700	700	04:25:11 (-)
08.02.19	18:16:30	210	P.GCV(24)	No	500	371	00:53:59 (-)
08.02.19	02:44:27	240	P.GCV(24)	No	1200	348	01:04:53 (-)
08.02.19	14:11:36	270	P.GCV(20)	No	1000	1000	02:31:27 (-)
07.02.19	08:16:14	300	P.GCV( 6)	No	700	700	04:23:03 (-)
08.02.19	15:33:54	330	P.GCV(24)	No	500	346	01:04:08 (-)

Table 2. Calculation parameters and progress for the wind field simulations.

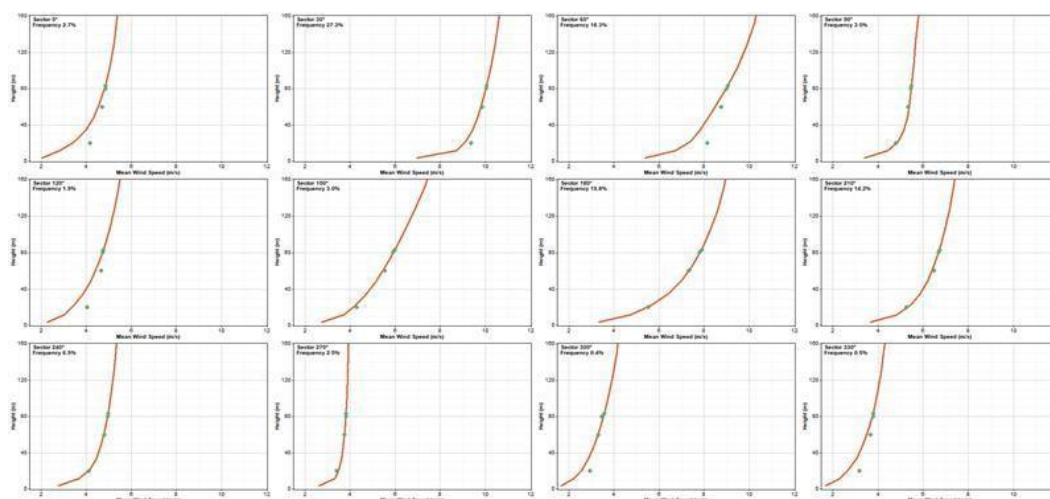
Date	Time	Sector	Turb mod	Coriolis	Latitude	Stability	Reduced_z
08.02.19	06:36:27	000	Standard	No	-	No	300
09.02.19	03:07:09	030	Standard	No	-	MOL-380	300
09.02.19	05:49:47	030	Standard	No	-	MOL-380	300
12.02.19	01:43:31	030	Standard	No	-	MOL-380	300
09.02.19	15:50:32	060	Standard	No	-	No	300
08.02.19	06:30:02	090	Standard	No	-	No	300
08.02.19	06:29:32	120	Standard	No	-	No	300
08.02.19	06:25:11	150	Standard	No	-	No	300
07.02.19	08:18:23	180	RNG k-e	No	-	No	300
08.02.19	18:16:30	210	k-omega	No	-	No	300
08.02.19	02:44:27	240	Standard	No	-	MOL-400	300
08.02.19	14:11:36	270	Standard	No	-	MOL-400	300
07.02.19	08:16:14	300	RNG k-e	No	-	No	300
08.02.19	15:33:54	330	Standard	No	-	MOL-400	300

Table 3. Physical models and output for the wind field simulations.

## Verifikacija modela strujanja

### 7.2.4.1 Poređenje modelovanog i izmjerеног vertikalnog smicanja vjetra

Na sljedećoj slici prikazano je upoređivanje modelovanog vertikalnog smicanja vjetra sa izmjerenim profilima u svim sektorima pravca vjetra na lokacijama mjernog stuba. Na svim graficima crvena kriva prikazuje modelovane profile, dok zelene tačke označavaju izmjerene brzine vjetra.



**Slika 7-3: Vertikalni profil vjetra u smislu sektora – izmjereni u odnosu na modelovani na lokaciji 307**

relevantni sektori su označeni (Izvor: Windographer)

### 7.2.4.2 Unakrsna predviđanja

Unakrsna predviđanja za verifikaciju modela strujanja se vrše tako što se upoređuju izmjerene i modelovane sektorske brzine vjetra između istovremenih mjerenja.

Rezultati izvršenih unakrsnih predviđanja su prikazani u sljedećoj tabeli za visinu od 60m.

**Tabela 7-5: Rezultati WindSim modela strujanja unakrsnih predviđanja**

Referentni senzor	Ciljni senzor	Ciljno mjerjenje [m/s]	Ciljni model [m/s]	greška [%]
-------------------	---------------	------------------------	--------------------	------------

301A	307	6.28	6.18	4.20
307	301A	6.22	6.37	2.16

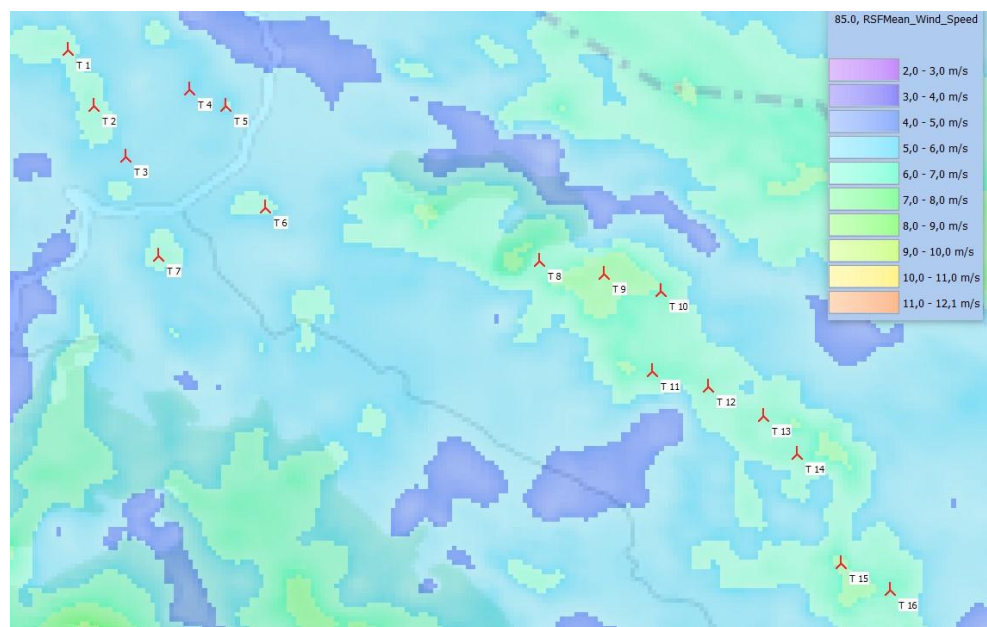
Greške pri proračunu na oba mjerna stuba su na sličnom nivou kao greške pri proračunu kod WAsP-a. Očekivalo se da će WindSim imati bolji učinak zbog postavki stabilnosti, međutim, to nije bio slučaj.

Ekstrapolacija kod mjernog stuba 307 do 301A za WAsP model prikazuje veće greške nego što je to slučaj kod 301A do 307. Sa druge strane, ekstrapolacija kod mjernog stuba 307 do 301A za WindSim model pokazuje manju grešku nego kod 301A do 307. Kada je riječ o ekstrapolaciji od 301A do 307 WAsP umanjuje brzinu vjetra za 3,6% dok je kod WindSima brzina vjetra precijenjena za 4,2%. Iz tog razloga, odlučeno je da se koriste oba modela sa podjednakim stepenom važnosti. Nije bilo dodatnih korekcija jer se ovaj nivo grešaka smatra prihvatljivim za ovu vrstu procjene.

Rezultati unakrsnog predviđanja su prikazani u analizi nesigurnosti.

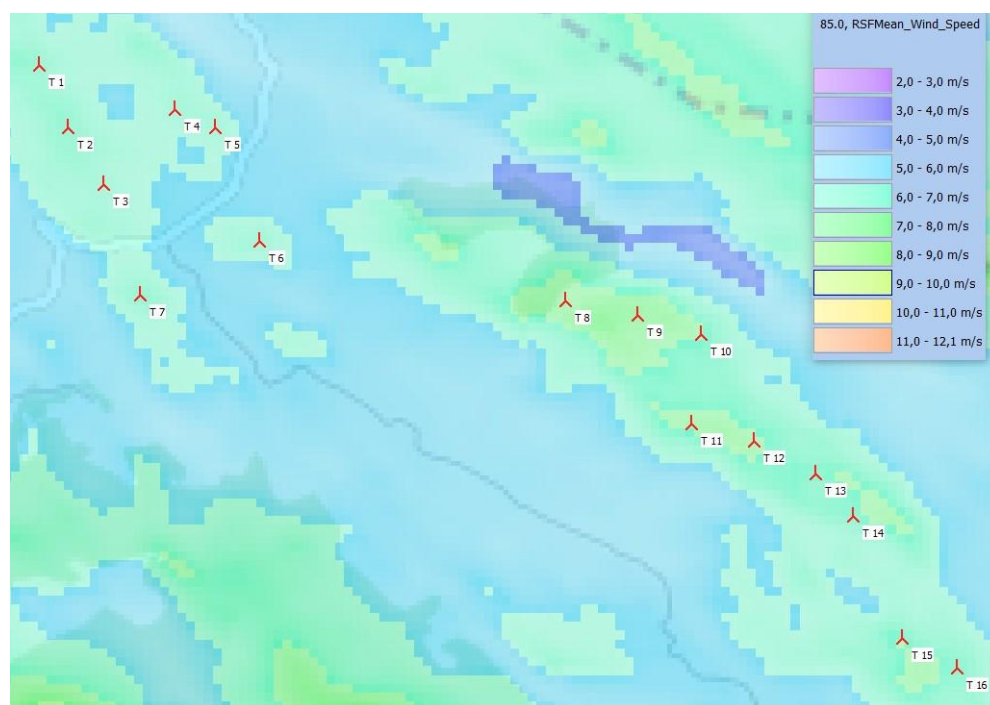
### 7.3 Mapa resursa vjetra

Sljedeća slika prikazuje varijacije brzine vjetra na 85m preko lokacije koje su dobijene od svakog modela.



Slika 7-4: WindSim mapa resursa vjetra





**Slika 7-5: WAsP mapa resursa vjetra**

## 8. Procjena proizvodnje energije

Projektovana godišnja proizvodnja energije za odabrane vjetroturbine od šest proizvođača data je u sljedećoj tabeli. Projektovana godišnja proizvodnja energije prikazuje rezultate originalne dispozicije vjetroparka sa 16 turbina i prikazuje godišnju proizvodnju energije uključujući efikasnost vjetroparka bez tehničkih gubitaka i nesigurnosti.

**Tabela 8-1: Godišnja proizvodnja energije u Vjetroparku Gvozd**

Tip turbine	Broj VTG	Vjetropark Gvozd			
		Godišnja proizvodnja energije	Efikasnost parka	Faktor snage	Prosječna brzina vjetra
		Uključujući efekat zavjetrine			
		[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
Enercon E-138 EP3 HH 81m	16	168,736	95.5	34.4	6.84
Enercon E-138 EP3 HH 111m	16	177,014	95.8	36.1	7.09
GE 3.8 - 130 HH 85m	16	170,171	95.5	31.7	6.87
GE 3.8 - 130 HH 110m	16	177,490	95.7	33.0	7.08
Nordex N131-3.9MW HH 114m	16	181,332	95.6	33.2	7.09
Nordex N131-3.9MW HH 120m	16	181,983	95.6	33.3	7.11
Senvion 3.4M140 HH 110m	16	176,203	95.7	36.9	7.08
Senvion 3.4M140 HH 130m	16	180,728	95.8	37.9	7.25
Siemens Gamesa 3,6-130, HH 85 m	16	167,644	95.2	33.2	6.87
Siemens Gamesa 3,6-130, HH 115	16	176,056	95.5	34.9	7.12
Vestas V136 – 4.0MW sa povećanjem 4.2, NH 105 m	16	198,081	95.7	33.6	7.03
Vestas V136 – 4.0MW sa povećanjem 4.2, NH 112 m	16	200,461	95.8	34.0	7.10
Vestas V136 – 4.0MW sa povećanjem 4.2 MW, NH 112 m	13	166,670	96.8	34.8	7.17

<b>Vestas V150 – 4.0MW sa povećanjem 4.2 MW, NH 105 m</b>	13	177,361	96.6	37.1	7.11
<b>Nordex N149-4,5MW HH 125m</b>	12	176,263	96.6	37.2	7.31

Uzimajući u obzir rezultate prikazane u datoj tabeli, klijent je izabrao najekonomičniju vjetroturbinu, Vestas V136-4.0MW sa povećanjem 4.2 MW sa visinom glavčine rotora vjetroturbine od 112 m, i snizio broj vjetroturbina na vjetroparku sa 16 na 13.

Rezultati pomenutih 13 turbina Vestas V136-4.0MW sa povećanjem 4.2 MW su dati u sljedećoj tabeli. Rezultati uključuju bruto proizvodnju energije i neto proizvodnju enegrije nakon uzimanja u obzir svih poznatih potencijalnih tehničkih gubitaka za vjetropark.

Napomena je da pregled ugovora ili sporazuma kao i elektro-projekta nije izvršen u okviru sadašnje procjene.

**Tabela 8-2: Godišnja proizvodnja energije i operativni troškovi**

Osnovni podaci o projektu		Jedinica	V 136 - 4.0MW sa povećanjem 4.2 MW	
Kapacitet vjetroturbine		[MW]	4.0 plus 4.2 MW	
Broj vjetroturbina		-	13	
Prečnik rotora		[m]	136	
Visina glavčine rotora vjetroturbine		[m]	112	
Ukupna instalisana snaga		[MW]	52.0	
<b>Bruto godišnja proizvodnja energije</b>				
Prosječna brzina vjetra na visini glavnine rotora vjetroturbine		[m/s]	7.17	
P50 bruto, bez efekta zavjetrine		[MWh/a]	<b>172,203</b>	
Bruto faktor snage		[%]	36.0	
<i>Efikasnost</i>				
<b>1</b>	<b>Efekat zavjetrine</b>	<b>[%]</b>	<b>96,79</b>	
1a	Unutrašnji efekti zavjetrine	[%]	96,79	karakteristično za ovaj projekat (model zavjetrine N.O. Jensen)
1b	Spoljašnji efekti zavjetrine	[%]	100,00	
1c	Budući efekti zavjetrine	[%]	100,00	
<b>2</b>	<b>Dostupnost</b>	<b>[%]</b>	<b>94,7</b>	
2a	Dostupnost vjetroturbine	[%]	97,0	Kao što je Klijent dostavio
2b	Redovno održavanje	[%]	99,6	Kao što je Klijent dostavio
2c	Dostupnost mreže	[%]	98,0	Kao što je Klijent dostavio
<b>3</b>	<b>Energetska efikasnost</b>	<b>[%]</b>	<b>99,4</b>	
3a	Operativna energetska efikasnost	[%]	99,4	Kao što je Klijent dostavio
<b>4</b>	<b>Rad turbina</b>	<b>[%]</b>	<b>98,6</b>	
4a	Usklađivanje krive snage specifične za određenu lokaciju	[%]	99,0	Kao što je Klijent dostavio
4b	Histereza jakih vjetrova	[%]	99,6	Kao što je Klijent dostavio
4c	Podoptimalni učinak	[%]	100,0	Generalna procjena
<b>5</b>	<b>Životna sredina</b>	<b>[%]</b>	<b>99,20</b>	
5a	Propadanje i zagađenost lopatice	[%]	100,0	Generalna procjena
5b	Zaleđivanje	[%]	99,2	Kao što je Klijent dostavio
5c	Temperaturni zastoj / smanjenje efikasnosti	[%]	100	
5d	Pristup lokaciji	[%]	100,0	Generalna procjena
<b>6</b>	<b>Ograničenja</b>	<b>[%]</b>	<b>99,8</b>	

6a	Upravljanje sektorom vjetrova	[%]	100	Neprimjenjivo
6b	Ograničenja mreže	[%]	99,8	Kao što je Klijent dostavio
6c	Ograničenja koja se odnose na buku, zasjenjivanje i životnu sredinu	[%]	100	Neprimjenjivo
<b>Ukupni gubici</b>		<i>[%]</i>	<i>11.1</i>	
<b>P50 - Net AEP</b>		<b>[MWh/a]</b>	<b>153,045</b>	
<b>P50 - Faktor snage</b>		<b>[%]</b>	32.0	
<i>Nesigurnosti - 10 godina</i>		<i>[%]</i>	<i>11.0</i>	
P75 - Net AEP 10 godina		[MWh/a]	141,690	
P75 – Faktor snage		[%]	29.6	
P90 - Net AEP 10 godina		[MWh/a]	131,470	
P90 – Faktor snage		[%]	27.5	

## 8.1 Operativni gubici

Svi faktori gubitaka, iz svake kategorije, a koji su uzeti u razmatranje, predstavljeni su detaljno u Dodatku A. Primjedbe na konkretne faktore gubitaka date su u nastavku.

### 8.1.1 Gubici usljed zavjetrine

Gubici usljed zavjetrine izračunavaju se pomoću WindPro i odgovarajućeg PARK modela kojeg je predložio N.O. Jensen.

Primijenjeni su sljedeći parametri modela zavjetrine (default parametri za lokacije sa otvorenim zemljištem):

- Konstanta opadanja zavjetrine u iznosu od 0.075;
- Intenzitet turbulencije koji potiče od simulacija polja vjetra.

Sljedeći ulazni podaci korišćeni su za izračunavanje gubitka zavjetrine:

- Koordinate svih lokacija VTG-a (16, 12 i 13 planiranih lokacija i 26 postojećih);
- power and thrust curve, hub height and rotor diameter of the WTGs; and kriva snage i potiska, visina glavčine rotora i prečnik rotora VTG-a; i
- modeled wind frequency distributions at the WTG locations.

### 8.1.2 Raspoloživost

Podaci o raspoloživosti VTG-a, redovnom održavanju i dostupnosti mreže obezbijeđeni su od strane klijenta.

### 8.1.3 Gubici proizvodnje

Klijent obezbjeđuje podatke o gubicima proizvodnje.

### 8.1.4 Histereza velikih brzina vjetra

Klijent obezbjeđuje podatke o gubicima histereze.

### 8.1.5 Prilagođavanje krive snage koja je karakteristična za određenu lokaciju

Klijent obezbjeđuje podatke o prilagođavanju krive snage koja je karakteristična za određenu lokaciju.

### 8.1.6 Zaleđivanje

Klijent obezbjeđuje podatke o zaleđivanju.

#### 8.1.7 Gubici zbog ograničavanja isporučene energije

Klijent obezbjeđuje podatke o gubicima nastalim usljed ograničavanja isporučene energije. Ne očekuju se druga ograničenja.

## 9. Analiza nesigurnosti

Utvrđivanje vjetro resursa projekta podrazumijeva ocjenu mnogih faktora koji nijesu sigurni. Tačnost i preciznost koraka koji se preduzimaju prilikom procjene svih parametara potrebno je definisati za svaki projekat.

Nesigurnost se definiše kao standardna greška za normalnu distribuciju vjerovatnoće.

Izvori nesigurnosti koji su povezani sa ulaznim podacima, primijenjene metodologije i korišćeni model detaljno su opisani u Dodatku B. Nesigurnosti su podijeljene u dvije glavne grupe: nesigurnosti koje se odnose na brzinu vjetra i nesigurnosti koje se odnose na proizvodnju energije.

Nesigurnosti koje se odnose na brzinu vjetra nemaju 'linearni uticaj' na obračun proizvodnje energije poput drugih vidova nesigurnosti kao što je 'modelovanje zavjetrine'. Ovo je razlog zbog kog je potrebno izvršiti osjetljivost neto proizvodnje na brzinu vjetra kako bi se dobio faktor osjetljivosti u pogledu nesigurnosti koje se odnose na brzinu vjetra.



## 9.1 Ukupne nesigurnosti

Pojedinačne i ukupne nesigurnosti kod modelovane količine proizvedene energije predstavljeni su u sljedećoj tabeli. U sljedećoj tabeli dat je prikaz vjerovatnoće prekoračenja u pogledu proizvodnje energije.

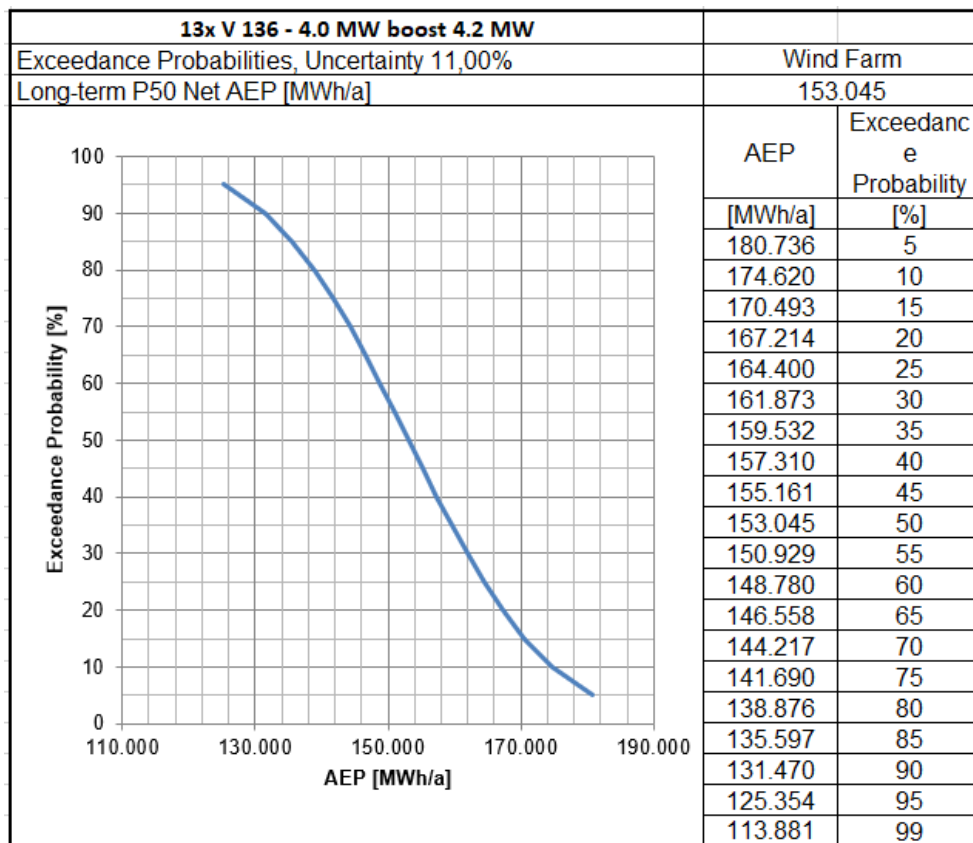
**Tabela 9-1: Analiza nesigurnosti**

Izvor nesigurnosti		Nesigurnost vjetar		Brzina vjetra		Nesigurnost	
		[%]		[m/s]		[%]	
		MS 302	MS 307	MS 302	MS 307	MS 302	MS 307
Mjerenje	Tačnost i podešavanje anemometra	3.6	3.2	0.23	0.21	5.4	4.7
Analiza podataka	Nesigurnost koja potiče od filtriranja i pribavljanja podataka	0.45	0.23	0.03	0.02	0.7	0.3
Korelacija i dugoročna ekstrapolacija	Korelacija između lokacije i referentnih podataka i vrijeme preklapanja	3.4	5.5	0.21	0.37	5.0	8.1
Modelovanje strujanja	Vertikalna ekstrapolacija (ekstrapolacija na visinu glavčine rotora vjetrogeneratora) i horizontalna ekstrapolacija	6.42	4.8	0.4	0.32	9.4	7.0
Nesigurnosti koje se odnose na brzinu vjetra						8.4	
Kriva snage						7.0	
Operativni gubici						1.3	
Buduća varijabilnost vjetra – 20 godina						0.7	
Buduća varijabilnost vjetra – 10 godina						0.9	
Buduća varijabilnost vjetra – 1 godina						2.9	
<b>Ukupna nesigurnost - 20 godina</b>						<b>11.0</b>	
<b>Ukupna nesigurnost - 10 godina</b>						<b>11.0</b>	
<b>Ukupna nesigurnost - 1 godina</b>						<b>11.4</b>	

## 9.2 Vjerovatnoće prekoračenja

Odgovarajuće vjerovatnoće prekoračenja date su u sljedećoj tabeli.

**Tabela 9-2: Vjerovatnoće prekoračenja (10 godina)**



## 10. Odstupanja od tehničkih uputstava

Odstupanja od FGW – Tehnička uputstva – TR6 – ‘Utvrdjivanje vjetro potencijala i proizvodnje energije’ (njemačka uputstva) navedena su u nastavku:

- Ukupan broj strana nije predstavljen na svakoj strani ovog izvještaja. Ukupan broj strana izvještaja ne uključujući priloge iznosi 79
- Kampanju mjerenja projekta nije osmislio i realizovao Fichtner. Odstupanja od uputstava ocijenjena su u Odjeljku 4 na osnovu dostupne dokumentacije
- Sljedeći tehnički gubici nijesu uzeti u obzir u okviru ukupnog broja operativnih gubitaka:
  - Prekid rada mreže nije uzet u obzir budući da Fichtner ne raspolaže nikakvim podacima o ograničenjima mreže; I
  - Buka, sjenka i ograničenja koja se odnose na životnu sredinu nijesu uzeti u obzir budući da Fichtner ne raspolaže nikakvim podacima koja bi uključila ove gubitke. Ocjena buke i sjenke ne predstavlja dio trenutnog obima.

Mnogi faktori gubitka mogu postati relevantni ili mjerljivi u toku budućih faza realizacije projekta. Ukoliko ovo jeste slučaj, njih bi trebalo dodati na ukupne operativne gubitke u toku budućih razvojnih koraka.

- Pojedinačne kategorije nesigurnosti procijenjene su koristeći kompanijske alate; međutim, u izvještaju su prikazane samo ukupne kategorije.

## 11. PREPORUKE

Preporuke koje su date u nastavku mogu umanjiti nesigurnosti koje se odnose na buduće ocjene proizvodnje energije:

- Kako je predstavljeno u Odjeljku 4.1, oba mjerna stuba koja se nalaze na raspolaganju ne poštuju preporuke iz IEC 61400-12-1. Kako bi se unaprijedio kvalitet podataka o vjetru a koji se odnose na projekat, preporuka je izvršiti kontrolu podešavanja mjernih stubova i ugraditi senzore koji su nedavno baždareni. Molimo da imate u vidu da se baždarenja obično smatraju validnim u toku perioda od 12 do 24 mjeseca prije upotrebe, pod pretpostavkom da je anemometar bio skladišten u dobrim uslovima.
- Vertikalna ekstrapolacija povezana je sa velikim nesigurnostima za MS 302 mjerni stub zbog razlike između raspoloživog mjerenja na vrhu anemometra i planirane visine glavčine rotora vjetrogeneratora. Kako bi se smanjile nesigurnosti, preporuka je da mjerenje bude što je više moguće približno planiranoj visini. Ovo se može ostvariti npr. pomoću Lidar-a.
- Budući da su susjedne vjetroturbine veoma blizu planiranim vjetroturbinama, buduće provjere i prilagođavanja modela toka vjetra koji se primjenjuju mogu se sprovesti koristeći odgovarajuću proizvodnju iz operativnih vjetroturbina.

## 12. Reference

- [1] International Electrotechnical Commission (IEC), „Wind turbines - Part 1: Design requirements, Edition 3.0,“ International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2005.
- [2] Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien, „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 6, Revision 9: Bestimmung von Windpotential und Energieerträgen,“ FGW e.V., Berlin, 2014.
- [3] International Electrotechnical Commission (IEC), „Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines, Edition 2,“ International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2017.
- [4] Measuring Network of Wind Energy Institutes (MEASNET), „Evaluation of site-specific wind conditions, Version 2,“ MEASNET, 2016.
- [5] Clark S. et al. , „Investigation of the NRG #40 Anemometer Slowdown. NRG Systems,“ in *AWEA Windpower 2009*, 2009.
- [6] Dee, Dick, Fasullo, John, Shea, Dennis, Walsh, John & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), „The Climate Data Guide: Atmospheric Reanalysis: Overview & Comparison Tables,“ Last modified 12 Dec 2016. . [Online]. Available: Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/atmospheric-reanalysis-overview-comparison-tables..>
- [7] Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien, „Technical Guidelines for Wind Turbines, Teil 6, Revision 10: Determination of Wind Potential and Energy Yield,“ FGW e.V., Berlin, 2017.
- [8] M. A. Lackner, A. L. Rogers und J. F., Wind Energy Site Assessment and Uncertainty, Renewable Energy Research Laboratory, 2007.
- [9] E. W. Anderson, E. Ghysels und J. L. Juergens, „The Impact of Risk and Uncertainty of Expected Returns,“ AFA 2007 Chicago Meetings Paper; EFA 2006 Zurich Meetings Paper; Journal of Financial Economics (JFE), Forthcoming. Ava, 2009.
- [10] Filippelli MV et al., „Adjustment of anemometer readings for energy production estimates,“ in *Proceedings of the WINDPOWER 2008 Conference, Houston, Texas, USA*, 2008.
- [11] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC), „IEC 61400-12-1 - Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines. Edition 1.0 2005-12,“ International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, IEC 61400-12-1:2005.
- [12] WindSim, „Forest Modeling Validation (Presentation at 10th WindSim User Meeting),“ Tønsberg, 2015.
- [13] WindSim AS, „Description: Wind Fields - Version: 9.0.0 - Updated: 08.11.16“.

## DODATAK A - Proizvodnja i gubici

### Proizvodnja bruto energije

Bruto proizvodnja energije izračunava se kombinujući predviđenu dugoročnu distribuciju frekventnosti brzine vjetra na visini glavčine rotora vjetrogeneratora sa krivom snage VTG-a. Proizvodnja bruto energije predstavlja teoretsku proizvodnju energije pod pretpostavkom da ne postoje interakcije zavjetrine između VTG-a niti postoje dodatni gubici energije.

Modelovanje strujanja vjetra vrši se kako bi se izvršila ekstrapolacija vertikalno i horizontalno projektovane dugoročne distribucije frekventnosti brzine vjetra na mjernom stubu na pozicijama i visinama glavčine rotora VTG-a.

### Faktori gubitka energije

Za potrebe ekonomske analize vjetroparka, neophodno je izvršiti procjenu broja mogućih izvora energetske gubitaka u cilju utvrđivanja neto proizvodnje energije.

Gubici su predstavljeni kao efikasnosti (efikasnost = 1 - gubitak) izraženi u procentima. FGW uputstva [9] predviđaju da se u obzir uzme šest glavnih izvora energetske gubitaka: efekti zavjetrine, dostupnost, elektro efikasnost, rad turbine, uslovi životne sredine i ograničenja. Svaki glavni izvor je podijeljen na pojedinačne faktore gubitka.

Ukupan obračun gubitaka odgovara kombinaciji pojedinačnih gubitaka, kako slijedi:

$$\text{Ukupna efikasnost} = \text{efikasnost} * \text{efikasnost} * \dots * (\text{efikasnost}_n)$$

Mnogi faktori gubitaka možda ne budu relevantni za većinu projekata, ali za potrebe sveobuhvatnosti svi gubici su predstavljeni u nastavku. Trebalo bi imati u vidu da neki gubici mogu biti procijenjeni samo ukoliko se na raspolaganju nalazi dovoljan broj podataka.

### Gubici zavjetrine

VTG-i energiju dobijaju od vjetra. U nizbrdnom pravcu se javlja turbulentno strujanje vjetra uz manju brzinu vjetra, tzv. zavjetrina. Kako se strujanje dalje nastavlja u istom pravcu dolazi do zavjetrine, sve dok isto ponovo ne dostigne uslove pod kojima je moguće slobodno strujanje vjetra. Ukupan uticaj na proizvodnju energije vjetroparka, a što je uzrokovano promjenom brzine vjetra usljed međusobne interakcije VTG-a, predstavlja gubitak

zavjetrine. Gubici zavjetrine izračunavaju se korišćenjem WindPro 3.2 kao i primjenom modela predloženog od strane N.O. Jensen.

- a) **Interni efekti zavjetrine:** predstavlja efekat koji VTG-i vjetroparka imaju jedan na drugi .

- b) **Eksterni efekti zavjetrine:** predstavlja efekat koji VTG-i iz susjednog vjetroparka (ukoliko postoji) imaju na vjetropark
- c) **Budući efekti zavjetrine:** Ukoliko se izgradnja budućih vjetroparkova planira u blizini vjetroparka, budući efekti zavjetrine odnose se na efekat koji VTG-i iz planiranog vjetroparka imaju na vjetropark. Navedeno se može izračunati ukoliko postoji dovoljan broj podataka o planiranim vjetroparkovima, poput koordinata, tipa VTG-a, planirane visine glavčine rotora vjetrogeneratora i krive snage.

## Raspoloživost

VTG-i, infrastruktura i elektro mreža nijesu uvijek na raspolaganju u toku ukupnog vijeka trajanja projekta.

### a) **Raspoloživost vjetroturbina:**

u zavisnosti od informacija o projektu, utvrđene su sljedeće raspoloživosti:

- Ugovorena raspoloživost turbine: odnosi se na raspoloživost vjetroturbina koja je pokrivena garancijom o raspoloživosti koju izdaje proizvođač. Takođe, ugovoreni sati preventivnog održavanja (ukoliko su poznati) takođe su uključeni. Garantovana raspoloživost se može smatrati konzervativnim pristupom.
- Tehnička raspoloživost vjetroturbina: odnosi se na gubitak energije usljed zastoja u radu vjetroturbine. Ovo treba da predstavlja realniju vrijednost i vjerovatno će se promijeniti vremenom i stoga treba da predstavlja očekivani prosjek u toku trajanja projekta.
- b) **Balans raspoloživosti elektrane:** ovaj faktor definiše očekivanu raspoloživost transformatora VTG-a, elektro infrastrukturu koja je u upotrebi kao i infrastrukturu trafostanice do mjesta priključenja mreže. Ukoliko ne postoje podaci koji su karakteristični za lokaciju, u obzir se uzima pretpostavljena generička vrijednost od 0.3%.
- c) **Raspoloživost mreže:** ovaj faktor definiše očekivanu raspoloživost mreže vjetroparka. Isti se odnosi na periode u toku kojih je električna energija izvan operativnog obima koji je definisan u ugovoru o priključenju na mrežu kao i na aktuelni zastoj u radu mreže.

## Elektro efikanost

Postoje gubici električne energije između niskonaponskih terminala VTG-a i mjesta priključenja vjetroparka na mrežu. U obzir su uzeti sljedeći faktori.

- a) **Operativna elektro efikasnost:** ovaj faktor definiše gubitke električne energije koji nastaju kada su VTG-i u pogonu. On predstavlja razliku između količine energije koja je izmjerena na svakoj VTG i količine energije koja je izmjerena pomoću brojila.



Operativna efikasnost se može pretpostaviti u skladu sa obimom projekta, može se ocijeniti prema konkretnim karakteristikama projekta ili istu može precizirati Klijent/Developer.

- b) **Sopstvena potrošnja:** ovaj faktor definiše elektro efikasnost u pogledu potrošnje el. energije usljed gubitaka zbog praznog hoda transformatora i potrošnje el. energije od strane opreme VTG-a i trafostanice, u slučaju kada je vjetropark van pogona. Ovaj faktor nije uzet u obzir budući da se smatra operativnim troškom prije nego faktorom elektro efikasnosti.

## Rad turbine

Za potrebe procjene proizvodnje energije, koristi se kriva snage koju isporučuje proizvođač VTG-a.

- a) **Prilagođavanje krive snage (generičko):** ovaj faktor definiše gubitke koji se primjenjuju ukoliko postoji razlog zbog kog se može očekivati da kriva prodaje snage moguće ne predstavlja precizno krivu snage koja bi bila postignuta u toku sertifikovanja IEC krive snage.
- b) **Prilagođavanje krive snage (karakteristična za lokaciju):** This factor defines the energy loss due to this difference. vjetro uslovi (turbulencija, strujanje pod uglom, visoko smicanje vjetra, itd.) u vjetroparku mogu biti različiti od uslova koji su prisutni na jednostavnom terenu gdje je kriva snage VTG-a ispitana i sertifikovana.
- c) **Histereza jakog vjetra:** za većinu VTG-a, u slučaju kada je brzina vjetra veća od brzine vjetra pri kojoj bi se vjetrogenerator isključio, VTG će se isključiti. VTG neće odmah početi sa radom, sistem kontrole čeka dok se brzina vjetra smanji do niže brzine vjetra pri kojoj VTG počinje sa radom prije nego se VTG-u omogući da ponovo počne sa radom. Ukoliko se na raspolaganju nalaze podaci izmjereni na samoj lokaciji, moguće je izračunati ovaj faktor gubitka.
- d) **Podoptimalni rad:** ovaj faktor definiše gubitke koji nastaju zbog odstupanja od idealnog rada usljed podoptimalnih podešavanja turbine. Tipični primjeri podrazumijevaju necentriranost zakretanja, baždarenje kontrolnog anemometra, necentriranost ili netačnost sistema zakretanja lopatica, i ostala pitanja koja se odnose na kontrolna podešavanja.

## Životna sredina

- a) **Degradacija i zagađenje lopatice:** ovaj faktor definiše gubitke koji nastaju usljed promjena aerodinamičkog rada lopatica koje su uzrokovane taloženjem prljavštine, a koje kiša pere s vremena na vrijeme, kao i fizičku degradaciju površine lista nakon dužeg perioda rada
- b) **Degradacija i zagađenje lopatice (zaleđivanje):** Poput faktora

koji su prethodno opisani, aerodinamički rad lopatica može biti izmijenjen usljed privremene akumulacije leda

- c) **Zastoj u zaleđivanju:** kako se povećava zaleđivanje VTG-i se isključuju ili ne počinju sa radom. Takođe, zaleđivanje takođe može da utiče na mjerenje vjetra na vrhu VTG-a, što takođe može dovesti do isključenja VTG-a. Ovaj faktor gubitka se može procijeniti na osnovu registrovanih podataka dobijenih mjerenjem na licu mjesta .

- d) **Temperaturni zastoj:** VTG-i su projektovani tako da rade u okviru određenog temperaturnog opsega. U zavisnosti od klimatskih uslova na gradilištu, temperaturne limite je moguće prekoračiti ili ne postići. Ukoliko je ovo slučaj, VTG se isključuje ili nastavlja sa radom pri manjoj brzini. Ovaj gubitak je moguće procijeniti u zavisnosti od lokalnih vremenskih uslova.
- e) **Pristup gradilištu:** Pristup gradilištu može biti pod uticajem ozbiljnih uslova životne sredine, koji mogu uticati na raspoloživost vjetroparka. Ova situacija se često dešava na područjima za koja su karakteristični veliki snjegovi kada se može povećati vrijeme u toku kog je moguće izvršiti popravke. Off-shore vjetroparkovi takođe mogu biti pogođeni u toku zimskog perioda. Ovaj gubitak je moguće procijeniti na osnovu lokalnih vremenskih uslova.
- f) **Rast šume:** vjetroparkovi koji se nalaze u šumi ili u blizini šume ili područja na kojima je raste visoko drveće pogođeni su promjenama (porast sječe drveća) šumske vegetacije. Ovaj faktor definiše gubitke koji nastaju usljed uticaja šume na strujanje vjetra.

## Ograničenja

- a) **Upravljanje vjetro-sektorima:** što se tiče vjetroparkova sa vjetroturbinskom udaljenošću koja je manja od prečnika tri rotora, proizvođač može definisati operativno ograničenje kako bi se ublažila pitanja koja se odnose na zamorno opterećenje koje je uzrokovano turbulencijom koja nastaje zbog zavjetrine. Ukoliko postoji dovoljan broj podataka o upravljanju vjetro-sektorima koji se moraju implementirati u vjetroparku, moguće je ocijeniti gubitke koji nastaju usljed ove strategije usmjerenih ograničenja.
- b) **Ograničenja u radu mreže:** određeni ugovori o priključenju na mrežu zahtijevaju ograničenje proizvodnje vjetroparka u toku određenih vremenskih intervala. Gubici koji nastaju usljed ograničenja mreže se mogu procijeniti samo ukoliko postoji dovoljan broj podataka ili broj podataka o gubicima koje obezbijedi Klijent/Projektant.
- c) **Ograničenja koja se odnose na buku, sjenku i životnu sredinu:** određeni vjetroparkovi imaju operativna ograničenja kako bi se zadovoljili utvrđeni kriterijumi emisije buke ili efekata treperenja u susjednim naseljima, ili uslovi životne sredine zbog ptica ili slijepih miševa. Gubitke je moguće procijeniti ukoliko postoji dovoljan broj podataka o različitim operativnim ograničenjima.

## DODATAK B – Nesigurnosti

U nastavku je dat ukupan prikaz izvora nesigurnosti povezanih sa ulaznim podacima, primijenjenim metodologijama i korišćenim modelom. Nesigurnosti su podijeljene u dvije glavne grupe: nesigurnosti koje se odnose na brzinu vjetra i nesigurnosti povezane sa proizvedenom energijom.

### Nesigurnosti u pogledu brzine vjetra

Nesigurnosti u vezi sa brzinom vjetra uključuju ulazne mjerne podatke i/ili referentne podatke vjetroturbina, dugoročnu korekciju takvih podataka i njihovu horizontalnu i vertikalnu ekstrapolaciju.

#### Mjerenje jačine vjetra – Mjerna stub

- a) **Kalibracija i klasifikacija anemometra:** u 2006 Risø Nacionalna Laboratorija je izvršila istraživanje specifičnih karakteristika anemometara sa pet senzora (časića) različitih proizvođača [10]. Dokument sadrži klasifikaciju anemometara u skladu sa IEC 61400-12-1 standardom i njihovim sistematskim devijacijama.  
Nesigurnost za svaki anemometar će se ocijeniti u skladu sa njegovom IEC klasifikacijom, preciznošću i radom istog u skladu sa terenom (jednostavan ili složen) i izmjenom brzinom vjetra na lokaciji.  
Ako je akreditovana ustanova MEASNET izvršila kalibraciju anemometara, prije početka rada, onda se ne može uzeti u obzir dodatna nesigurnost. Ako to nije slučaj, i primijeni se specifična kalibracija modela instrumenta, u tom slučaju se može uzeti u obzir dodatna nesigurnost.
- b) **Efekte ugradnje:** obuhvataju moguće uticaje na mjerenje zbog montaže instrumenta. Izvršena je procjena konfiguracije i postavljanje mjernog stuba u skladu sa IEC 61400-12-1 standardom i izvršena je procjena ove komponente nesigurnosti.
- c) **Analiza podataka:** Uglavnom se obrađuju sirovi podaci o vjetru i filtriraju se pogrešni ili podaci o zaleđivanju. Prekidi u podacima mogu uzrokovati greške u procjeni srednje godišnje brzine vjetra. U Studiji koju je pripremio RELR [10] utvrđeno je da je procenat greške približno 0.03 puta veći od procenta podataka koji nedostaju. Prema tome, nesigurnosti povezane sa analizom podataka će se procijeniti u skladu sa procentom filtriranih i popunjenih podataka. Izvršiće se evaluacija sezonskog stanja podataka koji nedostaju i mogu se razmotriti dodatne nesigurnosti.
- d) **Integritet podataka:** odnosi se na kvalitet raspoloživih informacija koje opisuju mjernu opremu ugrađenu na lokaciji projekta i to da li je Fichtner izvršio pregled mjernog stuba. Stavke uključuju detalje sadržane u izveštajima o ugradnji i održavanju, prisustvo kalibracionih sertifikata instrumenata, kvalitet fotografske dokumentacije i rezultate dobijene iz pregleda. Ako je izvršen pregled i potvrđena postavka onda će

ova komponenta iznositi 0%. Dostavljeni format podataka će se takođe razmatrati. Ako su podaci dostavljeni u sirovom formatu i parametri kalibracije

## Dugoročna procjena

- a) **Reprezentativnost dugoročnih podataka za lokaciju:** obuhvata statističku vezu (npr. korelaciju) između kratkoročnih i dugoročnih podataka tokom istovremenog perioda. Nesigurnost će se procijeniti u skladu sa kvalitetom dobijenih korelacija.  
Ako se referentne vjetroturbine zajedno sa meteorološkom stanicom koriste kao regionalna referenca, tada će se rezultati dobijeni analizom vjerodostojnosti koristiti kao osnova za procjenu ove stavke nesigurnosti.
- b) **Dužina perioda korelacije:** odnosi se na raspoloživi istovremeni period između kratkoročnih i dugoročnih podataka. Ova nesigurnost se izračunava korišćenjem Andersonove [11] metode, uzimajući za osnovu proračun broja sati preklapanja između izmjerenih podataka i dugoročnih referentnih podataka.
- c) **Konzistentnost dugoročne preporuke:** smatra se nesigurnošću koja prati konzistentnost odabranih dugoročnih podataka, koja se ocjenjuje u skladu sa različitim izvorima dugoročnih podataka raspoloživih za projekat i njihove korelacije sa specifičnim klimatskim indeksima vjetra.
- d) **Primijenjeni MCP metod:** smatra se greškom u predviđanju statističkog algoritma koji se primjenjuje na dugoročnu ispravku. Najčešće se primjenjuje algoritam sa najnižom greškom.
- e) **Reprezentativnost referentnog perioda u prošlosti:** smatra se nesigurnošću povezanom sa pretpostavkom da će se posmatrani uslovi vjetra u prethodnom periodu sresti i u budućnosti. Ova nesigurnost će se proračunati uzimajući u obzir međugodišnju varijabilnost brzine vjetra u odabranoj dugoročnoj referenci podijeljenu kvadratnim korijenom broja godina odabranih za period evaluacije (generalno 10 godina).

## Modeliranje strujanja vjetra

- a) **Horizontalna ekstrapolacija:** obuhvata numerički model primijenjen za prenos izmjerenih podataka za svaku poziciju vjetroturbine. Ova nesigurnost biće izračunata zavisno od kompleksnosti lokacije, broja raspoloživih mjerenja na lokaciji, njihove reprezentativnosti za lokacije turbine i korišćenog modela strujanja vjetra (WAsP or WindSim CFD). Treba razmotriti i evaluaciju unakrsnog predviđanja.
- b) **Vertikalna ekstrapolacija:** obuhvata nesigurnost u vezi sa procjenom smicanja vjetra i vertikalnom ekstrapolacijom izmjerenih podataka do specifične visine glavčine (sistema za upravljanje rotorom). Pitanja atmosferske stabilnosti takođe mogu biti uzeta u obzir. Ova nesigurnost će biti izračunata na

osnovu razlike između mjerne visine i visine turbine. Ako mjerna visina ne odgovara  $\frac{2}{3}$  visine glavčine tada se primjenjuje dodatni pragmatični faktor.

## Analiza osjetljivosti

Iznad opisane komponente nesigurnosti se dodaju kao nezavisne greške. Kombinovana nesigurnost je kvadratni korijen zbira kvadrata komponenti nesigurnosti.

Analiza osjetljivosti se izvodi za izračunavanje faktora osjetljivosti za varijaciju proizvodnje na pragu u odnosu na brzinu vjetra datu kao  $\%(E)/\%(m/s)$ .

## Proizvodnja električne energije

### Ulazni podaci vjetroturbine

Ulazni podaci za vjetroturbinu odnose se na specifičnu primijenjenu krivu snage. Ako proračunata kriva snage bude potvrđena izmjerenom krivom snage u prihvatljivom opsegu, ekvivalentna nesigurnost izmjerene krive se prihvata. Ako proračunata kriva ne bude potvrđena, ili ako mjerna kriva nije dostupna, tada se pretpostavlja veća nesigurnost. Kod projektovanja garantovane krive snage razmatrane se manje nesigurnosti.

### Faktori gubitka energije

- a) **Gubici zavjetrine:** obuhvataju povezane nesigurnosti kod proračuna gubitka zavjetrine za koji se pretpostavlja da iznosi 20% od ukupnih gubitaka zavjetrine.
- b) **Raspoloživost:** smatraju se povezane nesigurnosti u procjenama dostupnosti. Ova nesigurnost će zavisiti od nivoa pregleda izvršenog za specifični projekat ali se tipično pretpostavlja da se kreće između 3% i 5% od ukupne raspoloživosti.
- c) **Efikasnost električne energije:** obuhvata povezane nesigurnosti u efikasnosti električne energije. Ova nesigurnost će zavisiti od nivoa izvršenog pregleda i raspoloživih informacija za specifični projekat.
- d) **Učinak turbine:** obuhvata povezane nesigurnosti kod učinka turbine. Ova nesigurnost će zavisiti od korišćene specifične krive snage. Tipično, turbine sa mjernom krivom ili krivom lokacije specifičnom za lokaciju imaju manji stepen nesigurnosti.
- e) **U vezi sa životnom sredinom:** obuhvataju povezane nesigurnosti kod procjene gubitaka u vezi sa životnom sredinom. Ova nesigurnost će zavisiti od nivoa izvršenog pregleda i raspoloživih informacija za specifični projekat.
- f) **Ograničenja:** obuhvata povezane nesigurnosti u procjeni gubitaka usljed ograničenja. Ova nesigurnost će zavisiti od nivoa izvršenog pregleda i raspoloživih informacija za specifični projekat.

## **DODATAK C – Kriva snage i potiska**



Projekat:

Green Gvozd\_Crna Gora

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / michael.meyer@fichtner.de

Izračunato na dan:

15.11.2018 17:03/3.2.712

## PARK – Analiza krive snage

**Proračun:** Enercon E-138EP3 HH 111m VTG: T 1 - ENERCON E-138 EP3 3500 138.6 !O!, Visina glavčine: 111,0 m

**Naziv:** Nivo 0 - BM 0s

**Izvor:** Enercon GmbH

Izvor/Datum	Kreirao	Kreirano	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra [m/s]	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatora	Specifična snaga kW/m²
13.04.2018	EMD	01.08.2017	05.07.2018	25,0	Sistem zakretanja lopatica	Definisao korisnik	Promjenjiv	0,23 D0605806-

4\_#\_de\_#\_Betriebsmodi\_E-138\_EP3\_3500\_kW\_mit\_TES.pdf

D0627418-5\_#\_en\_#\_Operating Modes E-138 EP3\_3500 kW with TES.pdf

**Poređenje HP krive - Napomena:** Za standardnu gustinu vazduha

Vmean [m/s]	5	6	7	8	9	10
HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013) [MWh]	7.237	10.574	13.621	16.219	18.341	19.991
ENERCON E-138 EP3 3500 138.6 !O! Level 0 - BM 0s [MWh]	7.129	10.293	13.222	15.748	17.810	19.387
Kontrolna vrijednost [%]	2	3	3	3	3	3

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m²) i jedna/dvije brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage.

## Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225

kg/m³

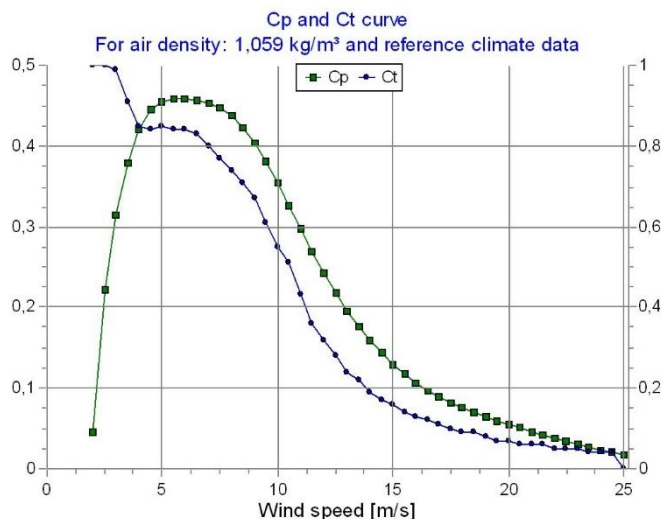
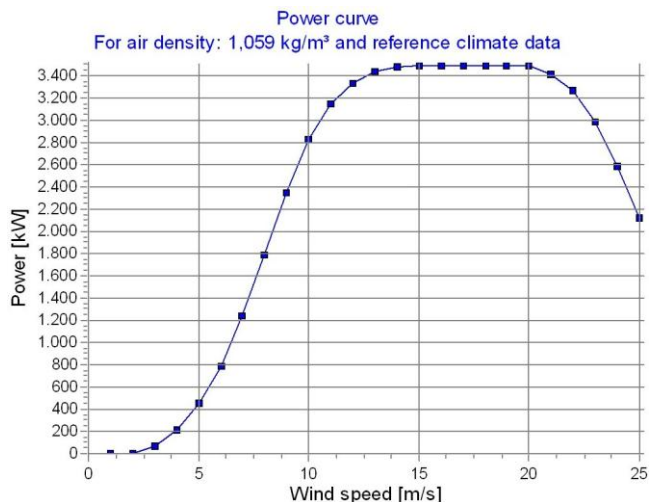
Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Ct curve
2,0	8,0	0,11	1,32
2,5	34,0	0,24	1,12
3,0	82,0	0,33	0,99
3,5	155,0	0,39	0,91
4,0	254,0	0,43	0,85
4,5	379,0	0,45	0,84
5,0	527,0	0,46	0,85
5,5	705,0	0,46	0,84
6,0	915,0	0,46	0,84
6,5	1.157,0	0,46	0,83
7,0	1.428,0	0,45	0,80
7,5	1.723,0	0,44	0,77
8,0	2.029,0	0,43	0,74
8,5	2.332,0	0,41	0,71
9,0	2.616,0	0,39	0,67
9,5	2.865,0	0,36	0,61
10,0	3.069,0	0,33	0,55
10,5	3.223,0	0,30	0,51
11,0	3.333,0	0,27	0,43
11,5	3.404,0	0,24	0,36
12,0	3.449,0	0,22	0,32
12,5	3.474,0	0,19	0,28
13,0	3.488,0	0,17	0,24
13,5	3.495,0	0,15	0,22
14,0	3.498,0	0,14	0,19
14,5	3.500,0	0,12	0,17
15,0	3.500,0	0,11	0,16
15,5	3.500,0	0,10	0,14
16,0	3.500,0	0,09	0,13
16,5	3.500,0	0,08	0,12
17,0	3.500,0	0,08	0,11
17,5	3.500,0	0,07	0,10
18,0	3.500,0	0,06	0,09
18,5	3.500,0	0,06	0,09
19,0	3.500,0	0,06	0,08
19,5	3.495,0	0,05	0,07
20,0	3.484,0	0,05	0,07
20,5	3.462,0	0,04	0,06
21,0	3.423,0	0,04	0,06
21,5	3.363,0	0,04	0,06
22,0	3.272,0	0,03	0,05
22,5	3.150,0	0,03	0,05
23,0	2.994,0	0,03	0,05
23,5	2.804,0	0,02	0,04
24,0	2.592,0	0,02	0,04
24,5	2.363,0	0,02	0,04
25,0	2.128,0	0,01	0,03

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,059 kg/m³ New windPRO metoda (korigovani

IEC metod, poboljšan da odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE>

Brzina vjetra [m/s]	Snaga [kW]	Cp	Interval [m/s]	Energija [MWh]	Ak. energ. [MWh]	Relativ. [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	2,9	0,05	1,50- 2,50	10,6	10,6	0,1
3,0	67,9	0,31	2,50- 3,50	63,4	74,0	0,7
4,0	215,2	0,42	3,50- 4,50	183,6	257,6	2,4
5,0	454,6	0,46	4,50- 5,50	364,3	621,9	5,7
6,0	791,7	0,46	5,50- 6,50	586,1	1.208,0	11,1
7,0	1.242,3	0,45	6,50- 7,50	824,9	2.032,9	18,6
8,0	1.788,8	0,44	7,50- 8,50	1.039,2	3.072,0	28,1
9,0	2.353,8	0,40	8,50- 9,50	1.174,9	4.246,9	38,9
10,0	2.829,5	0,35	9,50- 10,50	1.195,3	5.442,2	49,9
11,0	3.153,5	0,30	10,50- 11,50	1.111,3	6.553,5	60,0
12,0	3.345,4	0,24	11,50- 12,50	966,8	7.520,4	68,9
13,0	3.440,2	0,20	12,50- 13,50	802,9	8.323,3	76,3
14,0	3.481,9	0,16	13,50- 14,50	645,8	8.969,1	82,2
15,0	3.496,2	0,13	14,50- 15,50	508,2	9.477,2	86,8
16,0	3.500,0	0,11	15,50- 16,50	393,2	9.870,5	90,4
17,0	3.500,0	0,09	16,50- 17,50	300,2	10.170,7	93,2
18,0	3.500,0	0,08	17,50- 18,50	226,4	10.397,2	95,3
19,0	3.500,0	0,06	18,50- 19,50	168,8	10.566,0	96,8
20,0	3.500,0	0,05	19,50- 20,50	123,9	10.689,9	97,9
21,0	3.423,0	0,05	20,50- 21,50	88,7	10.778,6	98,8
22,0	3.272,0	0,04	21,50- 22,50	61,3	10.839,9	99,3
23,0	2.994,0	0,03	22,50- 23,50	40,2	10.880,1	99,7
24,0	2.592,0	0,02	23,50- 24,50	24,8	10.905,0	99,9
25,0	2.128,0	0,02	24,50- 25,50	9,2	10.914,2	100,0



Project:

Green Gvozd\_Crna Gora

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / michael.meyer@fichtner.de

Izračunato:

15.11.2018 16:37/3.2.712

## PARK - Analiza krive snage

**Proračun:** GE 3.2 - 130 HH 110m VTG: T 1 - GE WIND ENERGY GE 3.8-130 3830 130.0 !O!, Visina glavčine: 110,0 m

**Naziv:** Nivo 0 - Izračunato - NO Srednji TI - 10-2016

**Izvor:** Proizvođač

Izvor/Datum	Kreirao	Kreirano	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra [m/s]	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatorske Specifična snaga kW/m²
31.10.2016	EMD	30.11.2016	17.03.2017	25,0	Sistem zakretanja lopatica	Definisao korisnik Promjenjiv	0,29 Na osnovu dokumenta

Power\_Curve-NO\_3.8-DFIG-130-xxHz\_3MW\_Eng-c0\_EN\_r03.docx.

### Poređenje HP krive - Napomena: Za standardnu gustinu vazduha

Vsred.

HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina ed (2013)

GE WIND ENERGY GE 3.8-130 3830 130.0 !O! Level 0 - Calculated - NO Medium TI - 10-2016 [MWh] 6.563 9.878 13.073 15.916 18.308 20.206

Kontrolna vrijednost

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m²) i jedna/dvije brzine ili zaklanjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je precišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage.

25,0 3.830,0 0,03 25,0 0,05

### Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225 kg/m³

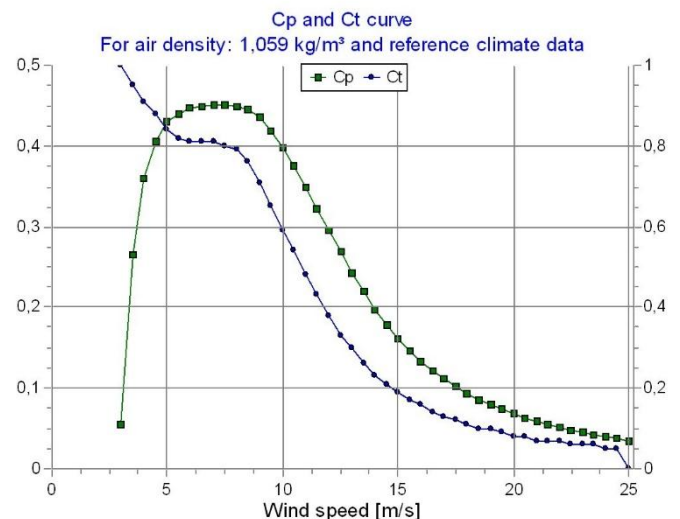
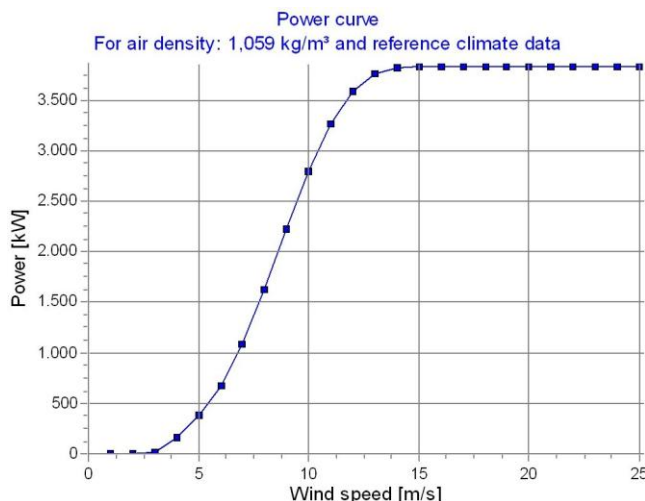
Wind speed Power Cp Wind speed Ct curve [m/s]

[m/s]	[kW]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
3,0	32,0	0,15	3,0	1,01
3,5	105,0	0,30	3,5	0,95
4,0	198,0	0,38	4,0	0,91
4,5	309,0	0,42	4,5	0,88
5,0	442,0	0,43	5,0	0,84
5,5	600,0	0,44	5,5	0,82
6,0	787,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.007,0	0,45	6,5	0,81
7,0	1.261,0	0,45	7,0	0,81
7,5	1.550,0	0,45	7,5	0,80
8,0	1.869,0	0,45	8,0	0,79
8,5	2.203,0	0,44	8,5	0,76
9,0	2.554,0	0,43	9,0	0,71
9,5	2.843,0	0,41	9,5	0,65
10,0	3.131,0	0,39	10,0	0,59
10,5	3.370,0	0,36	10,5	0,54
11,0	3.558,0	0,33	11,0	0,48
11,5	3.694,0	0,30	11,5	0,43
12,0	3.764,0	0,27	12,0	0,38
12,5	3.802,0	0,24	12,5	0,33
13,0	3.821,0	0,21	13,0	0,30
13,5	3.826,0	0,19	13,5	0,26
14,0	3.829,0	0,17	14,0	0,23
14,5	3.830,0	0,15	14,5	0,21
15,0	3.830,0	0,14	15,0	0,19
15,5	3.830,0	0,13	15,5	0,17
16,0	3.830,0	0,12	16,0	0,16
16,5	3.830,0	0,10	16,5	0,14
17,0	3.830,0	0,10	17,0	0,13
17,5	3.830,0	0,09	17,5	0,12
18,0	3.830,0	0,08	18,0	0,11
18,5	3.830,0	0,07	18,5	0,10
19,0	3.830,0	0,07	19,0	0,10
19,5	3.830,0	0,06	19,5	0,09
20,0	3.830,0	0,06	20,0	0,08
20,5	3.830,0	0,05	20,5	0,08
21,0	3.830,0	0,05	21,0	0,07
21,5	3.830,0	0,05	21,5	0,07
22,0	3.830,0	0,04	22,0	0,07
22,5	3.830,0	0,04	22,5	0,06
23,0	3.830,0	0,04	23,0	0,06
23,5	3.830,0	0,04	23,5	0,06
24,0	3.830,0	0,03	24,0	0,05
24,5	3.830,0	0,03	24,5	0,05

### Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,059 kg/m³ New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšani odgovori upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE

Brzina vjetra [m/s]	Snaga [kW]	Cp	Interval [m/s]	Energ. Acc.Energ. [MWh]	Relative [MWh]	Relative [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	10,6	0,06	2,50- 3,50	32,6	32,6	0,3
4,0	161,6	0,36	3,50- 4,50	137,7	170,3	1,6
5,0	376,9	0,43	4,50- 5,50	302,6	472,9	4,4
6,0	677,2	0,45	5,50- 6,50	502,3	975,2	9,0
7,0	1.087,1	0,45	6,50- 7,50	724,1	1.699,4	15,7
8,0	1.618,8	0,45	7,50- 8,50	943,2	2.642,5	24,4
9,0	2.228,6	0,43	8,50-9,50	1.111,6	3.754,2	34,7
10,0	2.799,2	0,40	9,50-10,50	1.181,0	4.935,2	45,6
11,0	3.262,4	0,35	10,50-11,50	1.143,8	6.079,0	56,2
12,0	3.581,9	0,29	11,50-12,50	1.029,1	7.108,1	65,7
13,0	3.750,3	0,24	12,50-13,50	870,5	7.978,6	73,7
14,0	3.812,8	0,20	13,50-14,50	703,2	8.681,8	80,2
15,0	3.827,2	0,16	14,50-15,50	553,2	9.235,0	85,3
16,0	3.830,0	0,13	15,50-16,50	427,6	9.662,7	89,3
17,0	3.830,0	0,11	16,50-17,50	326,2	9.988,8	92,3
18,0	3.830,0	0,09	17,50-18,50	245,8	10.234,6	94,6
19,0	3.830,0	0,08	18,50-19,50	183,1	10.417,8	96,3
20,0	3.830,0	0,07	19,50-20,50	134,9	10.552,6	97,5
21,0	3.830,0	0,06	20,50-21,50	98,3	10.651,0	98,4
22,0	3.830,0	0,05	21,50-22,50	70,9	10.721,9	99,1
23,0	3.830,0	0,04	22,50-23,50	50,6	10.772,5	99,5
24,0	3.830,0	0,04	23,50-24,50	35,8	10.808,2	99,9
25,0	3.830,0	0,03	24,50-25,50	14,8	10.823,0	100,0



Project:

Green Gvozd\_Crna Gora

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / michael.meyer@fichtner.de

Proračun:

20.11.2018 14:02/3.2.712

## PARK - Analiza krive snage

**Proračun:** N131-3900 NH 120m\_rev1\_windsim VTG: T 1 - NORDEX N131/3900 3900 131.0 !O!, Visina glavčine: 120,0 m

**Naziv:** Mode 00 - 1.225 kg/m<sup>3</sup> - R05

**Izvor:** Nordex

Izvor/Datum	Kreirao	Kreirano	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra [m/s]	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatorsa	Specifična snaga kW/m <sup>2</sup>
15.01.2018	EMD	02.01.2017	25.04.2018	25,0	Zakretanjem	Definiše korisnik	Varijabilno	0,29 F008_266_A13 / F008_267_A13

**Poređenje HP krive** - Napomena: Za standardnu gustinu vazduha

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013)	[MWh]	6.789	10.264	13.587	16.524	18.984	20.941
NORDEX N131/3900 3900 131.0 !O! Mode 00 - 1.225 kg/m <sup>3</sup> - R05	[MWh]	6.892	10.421	13.773	16.697	19.093	20.929
Kontrolna vrijednost	[%]	-2	-2	-1	-1	-1	0

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je precišena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage.

## Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

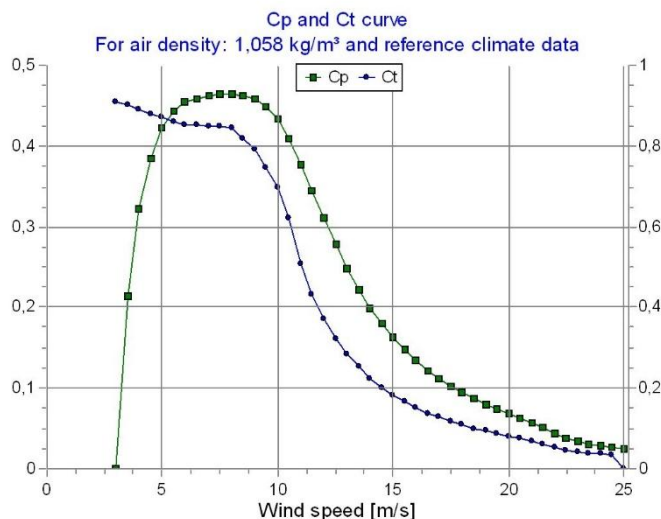
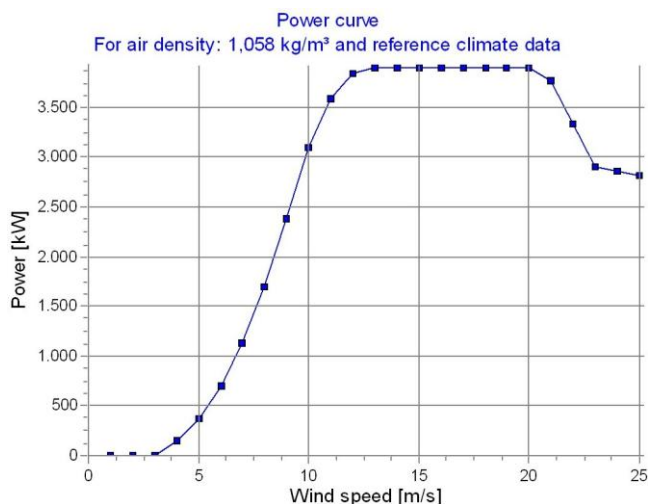
Wind speed Power Cp Wind speed Ct curve [m/s]

[kW]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
3,0	20,0	0,09	3,0
3,5	89,0	0,25	3,5
4,0	184,0	0,35	4,0
4,5	303,0	0,40	4,5
5,0	447,0	0,43	5,0
5,5	618,0	0,45	5,5
6,0	816,0	0,46	6,0
6,5	1.047,0	0,46	6,5
7,0	1.314,0	0,46	7,0
7,5	1.620,0	0,47	7,5
8,0	1.967,0	0,47	8,0
8,5	2.349,0	0,46	8,5
9,0	2.754,0	0,46	9,0
9,5	3.153,0	0,45	9,5
10,0	3.468,0	0,42	10,0
10,5	3.686,0	0,39	10,5
11,0	3.823,0	0,35	11,0
11,5	3.889,0	0,31	11,5
12,0	3.900,0	0,27	12,0
12,5	3.900,0	0,24	12,5
13,0	3.900,0	0,22	13,0
13,5	3.900,0	0,19	13,5
14,0	3.900,0	0,17	14,0
14,5	3.900,0	0,15	14,5
15,0	3.900,0	0,14	15,0
15,5	3.900,0	0,13	15,5
16,0	3.900,0	0,12	16,0
16,5	3.900,0	0,11	16,5
17,0	3.900,0	0,10	17,0
17,5	3.900,0	0,09	17,5
18,0	3.900,0	0,08	18,0
18,5	3.900,0	0,07	18,5
19,0	3.900,0	0,07	19,0
19,5	3.900,0	0,06	19,5
20,0	3.900,0	0,06	20,0
20,5	3.861,0	0,05	20,5
21,0	3.771,0	0,05	21,0
21,5	3.592,0	0,04	21,5
22,0	3.327,0	0,04	22,0
22,5	3.003,0	0,03	22,5
23,0	2.906,0	0,03	23,0
23,5	2.874,0	0,03	23,5
24,0	2.855,0	0,03	24,0
24,5	2.835,0	0,02	24,5
25,0	2.820,0	0,02	25,0

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,058 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšani da odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE

Brzina vjetra [m/s]	Snaga [kW]	Cp [MWh]	Interval [MWh]	Energy Acc. [%]	Energy Relative [%]	Relative [m/s]	[kW]
1,0	0,0	0,00	0,50-1,50	0,0	0,0	0,0	
2,0	0,0	0,00	1,50-2,50	0,0	0,0	0,0	
3,0	0,0	0,00	2,50-3,50	26,9	26,9	0,3	
4,0	146,6	0,32	3,50-4,50	128,0	155,0	1,5	
5,0	376,1	0,42	4,50-5,50	299,6	454,5	4,3	
6,0	699,0	0,45	5,50-6,50	505,8	960,3	9,1	
7,0	1.129,9	0,46	6,50-7,50	726,7	1.687,0	16,0	
8,0	1.693,0	0,46	7,50-8,50	943,4	2.630,3	24,9	
9,0	2.377,9	0,46	8,50-9,50	1.123,0	3.753,4	35,6	
10,0	3.093,6	0,43	9,50-10,50	1.210,0	4.963,4	47,1	
11,0	3.586,0	0,38	10,50-11,50	1.162,4	6.125,7	58,1	
12,0	3.833,9	0,31	11,50-12,50	1.012,6	7.138,4	67,7	
13,0	3.897,7	0,25	12,50-13,50	828,1	7.966,5	75,5	
14,0	3.900,0	0,20	13,50-14,50	654,1	8.620,5	81,7	
15,0	3.900,0	0,16	14,50-15,50	509,2	9.129,7	86,6	
16,0	3.900,0	0,13	15,50-16,50	391,8	9.521,6	90,3	
17,0	3.900,0	0,11	16,50-17,50	298,1	9.819,6	93,1	
18,0	3.900,0	0,09	17,50-18,50	224,3	10.044,0	95,2	
19,0	3.900,0	0,08	18,50-19,50	167,1	10.211,1	96,8	
20,0	3.900,0	0,07	19,50-20,50	122,7	10.333,8	98,0	
21,0	3.771,0	0,06	20,50-21,50	86,5	10.420,2	98,8	
22,0	3.327,0	0,04	21,50-22,50	55,9	10.476,1	99,3	
23,0	2.906,0	0,03	22,50-23,50	35,3	10.511,4	99,7	
24,0	2.855,0	0,03	23,50-24,50	24,3	10.535,7	99,9	
25,0	2.820,0	0,03	24,50-25,50	10,0	10.545,7	100,0	



Project:

Green Gvozd\_Crna Gora

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-

34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / johannes.eckstein@fichtner.de

Proračunato dana:

24.01.2019 11:59/3.2.712

## PARK – Analiza krive snage

**Proračun:** 12x N149-4500@125hh\_WAsP\_new statistics **WTG:** T 1 - NORDEX N149/4.0-4.5 4500 149.0 !O!, Visina glavčine: 125,0 m

**Naziv:** Mode 00 - 4500kW - 1.225 kg/m<sup>3</sup> - ESCO R03

**Izvor:** NORDEX

Izvor/Datum	Kreirao	Datum kreiranja	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatora	Specifična snaga
29.03.2018	EMD	03.07.2017	25.04.2018	[m/s] 26,0	Zakretanjem	Definiš- korisnik	Prmjenjiva	kW/m <sup>2</sup> 0,26

**Poređenje HP krive** - Napomena: Za standardnu gustinu vjetra

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013)	[MWh]	8.583	12.750	16.640	20.011	22.797	24.986
NORDEX N149/4.0-4.5 4500 149.0 !O! Mode 00 - 4500kW - 1.225 kg/m <sup>3</sup> - ESCO R03	[MWh]	8.679	12.893	16.803	20.161	22.891	24.984
Kontrolna vrijednost	[%]	-1	-1	-1	-1	0	0

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije-brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage

## Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

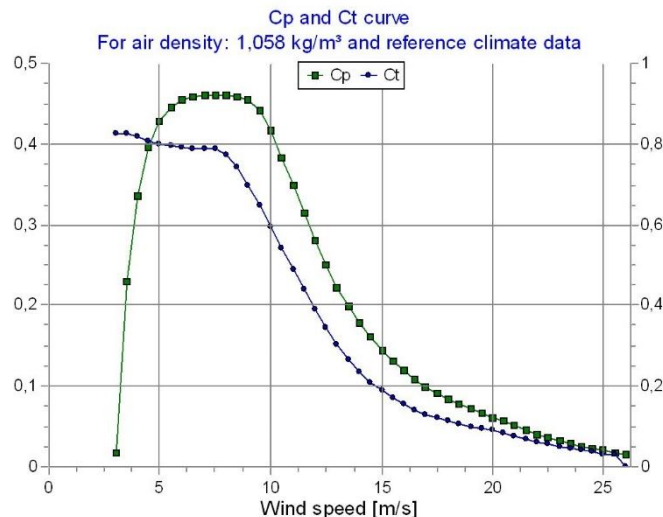
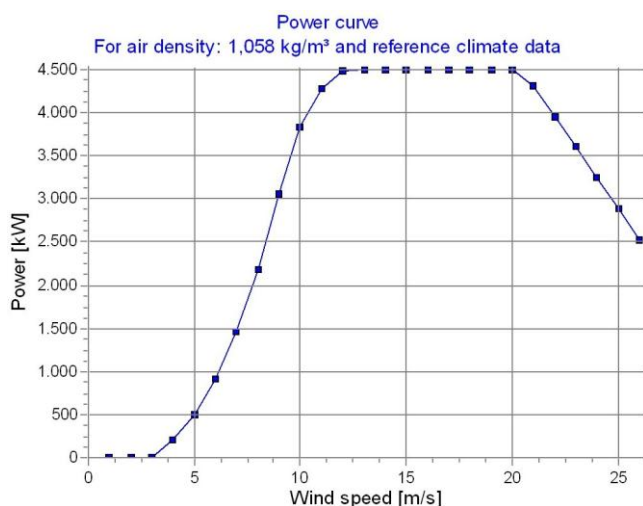
Wind speed Power Cp Wind speed Ct curve [m/s]

[kW]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
3,0	31,0	0,11	3,0
3,5	122,0	0,27	3,5
4,0	247,0	0,36	4,0
4,5	400,0	0,41	4,5
5,0	584,0	0,44	5,0
5,5	800,0	0,45	5,5
6,0	1.054,0	0,46	6,0
6,5	1.349,0	0,46	6,5
7,0	1.691,0	0,46	7,0
7,5	2.083,0	0,46	7,5
8,0	2.527,0	0,46	8,0
8,5	3.016,0	0,46	8,5
9,0	3.506,0	0,45	9,0
9,5	3.894,0	0,43	9,5
10,0	4.177,0	0,39	10,0
10,5	4.367,0	0,35	10,5
11,0	4.470,0	0,31	11,0
11,5	4.500,0	0,28	11,5
12,0	4.500,0	0,24	12,0
12,5	4.500,0	0,22	12,5
13,0	4.500,0	0,19	13,0
13,5	4.500,0	0,17	13,5
14,0	4.500,0	0,15	14,0
14,5	4.500,0	0,14	14,5
15,0	4.500,0	0,12	15,0
15,5	4.500,0	0,11	15,5
16,0	4.500,0	0,10	16,0
16,5	4.500,0	0,09	16,5
17,0	4.500,0	0,09	17,0
17,5	4.500,0	0,08	17,5
18,0	4.500,0	0,07	18,0
18,5	4.500,0	0,07	18,5
19,0	4.500,0	0,06	19,0
19,5	4.500,0	0,06	19,5
20,0	4.500,0	0,05	20,0
20,5	4.455,0	0,05	20,5
21,0	4.307,0	0,04	21,0
21,5	4.131,0	0,04	21,5
22,0	3.951,0	0,03	22,0
22,5	3.776,0	0,03	22,5
23,0	3.600,0	0,03	23,0
23,5	3.420,0	0,02	23,5
24,0	3.245,0	0,02	24,0
24,5	3.065,0	0,02	24,5
25,0	2.885,0	0,02	25,0
25,5	2.705,0	0,02	25,5
26,0	2.529,0	0,01	26,0

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,058 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšani da odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE

Wind speed	Power	Cp	Interval	Energy Acc.	Energy Relative	[m/s]	[kW]
[m/s]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]			
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0	
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0	
3,0	4,0	0,02	2,50- 3,50	38,3	38,3	0,3	
4,0	197,6	0,33	3,50- 4,50	174,7	213,1	1,6	
5,0	493,1	0,43	4,50- 5,50	397,5	610,6	4,6	
6,0	903,4	0,45	5,50- 6,50	661,1	1.271,6	9,5	
7,0	1.454,5	0,46	6,50- 7,50	943,8	2.215,4	16,6	
8,0	2.175,2	0,46	7,50- 8,50	1.222,8	3.438,2	25,8	
9,0	3.049,6	0,45	8,50- 9,50	1.450,8	4.889,0	36,7	
10,0	3.834,9	0,42	9,50- 10,50	1.525,4	6.414,4	48,2	
11,0	4.279,0	0,35	10,50- 11,50	1.419,5	7.833,9	58,8	
12,0	4.474,8	0,28	11,50- 12,50	1.217,6	9.051,6	68,0	
13,0	4.500,0	0,22	12,50- 13,50	993,9	10.045,5	75,4	
14,0	4.500,0	0,18	13,50- 14,50	792,7	10.838,2	81,4	
15,0	4.500,0	0,14	14,50- 15,50	625,3	11.463,5	86,1	
16,0	4.500,0	0,12	15,50- 16,50	488,2	11.951,7	89,7	
17,0	4.500,0	0,10	16,50- 17,50	377,4	12.329,2	92,6	
18,0	4.500,0	0,08	17,50- 18,50	289,0	12.618,2	94,7	
19,0	4.500,0	0,07	18,50- 19,50	219,2	12.837,4	96,4	
20,0	4.500,0	0,06	19,50- 20,50	164,1	13.001,5	97,6	
21,0	4.307,0	0,05	20,50- 21,50	117,8	13.119,3	98,5	
22,0	3.951,0	0,04	21,50- 22,50	80,2	13.199,4	99,1	
23,0	3.600,0	0,03	22,50- 23,50	53,5	13.252,9	99,5	
24,0	3.245,0	0,03	23,50- 24,50	35,0	13.287,9	99,8	
25,0	2.885,0	0,02	24,50- 25,50	22,5	13.310,4	99,9	
26,0	2.529,0	0,02	25,50- 26,50	8,7	13.319,1	100,0	



Projekat:

Green Gvozd\_Crna Gora

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / michael.meyer@fichtner.de

Datum proračuna:

15.11.2018 17:22/3.2.712

## PARK – Analiza krive snage

**Proračun:** Senvion 3.6M140 HH 130m VTG: T 1 - SENVION 3.4M140 3400 140.0 !O!, Visina glavčine: 130,0 m

**Naziv:** Level 0 - Measured - Open Mode - 09-2015

**Izvor:** Proizvođač

Izvor/Datum	Kreirao	Datum kreiranja	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatora	Specifična snaga
18.09.2015	EMD	12.01.2016	12.01.2016	[m/s] 22,0	Pitch	User defined	Variable	kW/m <sup>2</sup> 0,22 U skladu sa
dokumentom SD-3.20-WT.PC.01-A-A-EN.								

### Poređenje HP krive - Napomena: Za standardnu gustinu vazduha

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013)	[MWh]	7.293	10.574	13.540	16.051	18.090	19.668
SENVION 3.4M140 3400 140.0 !O! Nivo 0 - Izmjereno – Otvoreni mod - 09-2015	[MWh]	7.289	10.537	13.474	15.922	17.809	19.121
Kontrolna vrijednost	[%]	0	0	0	1	2	3

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.  
Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.  
Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.  
Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage

### Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

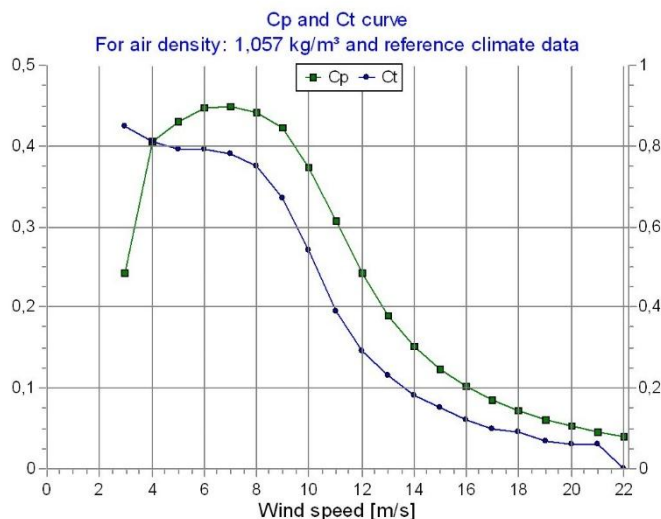
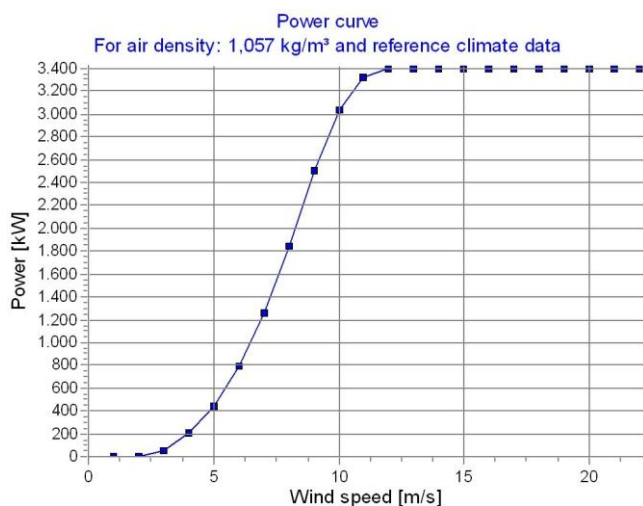
Brzina vjetra Snaga Cp Brzina vjetra Ct kriva

[m/s]	[kW]		[m/s]	
3,0	78,0	0,31	3,0	0,85
4,0	244,0	0,40	4,0	0,81
5,0	502,0	0,43	5,0	0,79
6,0	906,0	0,44	6,0	0,79
7,0	1.438,0	0,44	7,0	0,78
8,0	2.102,0	0,44	8,0	0,75
9,0	2.867,0	0,42	9,0	0,67
10,0	3.290,0	0,35	10,0	0,54
11,0	3.400,0	0,27	11,0	0,39
12,0	3.400,0	0,21	12,0	0,29
13,0	3.400,0	0,16	13,0	0,23
14,0	3.400,0	0,13	14,0	0,18
15,0	3.400,0	0,11	15,0	0,15
16,0	3.400,0	0,09	16,0	0,12
17,0	3.400,0	0,07	17,0	0,10
18,0	3.400,0	0,06	18,0	0,09
19,0	3.400,0	0,05	19,0	0,07
20,0	3.400,0	0,05	20,0	0,06
21,0	3.400,0	0,04	21,0	0,06
22,0	3.400,0	0,03	22,0	0,05

### Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,057 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšani da odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE

Brzina vjetra	Snaga	Cp	Interval	Energy Acc.	Energy Relative	[m/s]	[kW]
		[m/s]	[MWh]	[MWh]	[%]		
1,0	0,0	0,00	0,50-1,50	0,0	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50-2,50	0,0	0,0	0,0	0,0
3,0	53,3	0,24	2,50-3,50	51,9	51,9	0,5	0,5
4,0	211,1	0,41	3,50-4,50	175,6	227,5	2,0	2,0
5,0	438,1	0,43	4,50-5,50	346,1	573,6	5,0	5,0
6,0	785,8	0,45	5,50-6,50	568,9	1.142,5	10,0	10,0
7,0	1.253,4	0,45	6,50-7,50	821,1	1.963,6	17,2	17,2
8,0	1.836,9	0,44	7,50-8,50	1.066,1	3.029,6	26,5	26,5
9,0	2.505,3	0,42	8,50-9,50	1.266,8	4.296,4	37,6	37,6
10,0	3.042,8	0,37	9,50-10,50	1.322,2	5.618,6	49,2	49,2
11,0	3.319,0	0,31	10,50-11,50	1.209,5	6.828,1	59,8	59,8
12,0	3.400,0	0,24	11,50-12,50	1.029,9	7.858,1	68,8	68,8
13,0	3.400,0	0,19	12,50-13,50	845,9	8.703,9	76,2	76,2
14,0	3.400,0	0,15	13,50-14,50	681,3	9.385,2	82,1	82,1
15,0	3.400,0	0,12	14,50-15,50	541,7	9.927,0	86,9	86,9
16,0	3.400,0	0,10	15,50-16,50	425,5	10.352,4	90,6	90,6
17,0	3.400,0	0,09	16,50-17,50	330,3	10.682,7	93,5	93,5
18,0	3.400,0	0,07	17,50-18,50	253,5	10.936,1	95,7	95,7
19,0	3.400,0	0,06	18,50-19,50	192,4	11.128,6	97,4	97,4
20,0	3.400,0	0,05	19,50-20,50	144,5	11.273,1	98,7	98,7
21,0	3.400,0	0,05	20,50-21,50	107,4	11.380,5	99,6	99,6
22,0	3.400,0	0,04	21,50-22,50	45,7	11.426,2	100,0	100,0





## PARK – Analiza krive snage

Proračun: SG 3.6-130 HH 115m VTG: T 1 - Siemens SWT-3.6-130 3600 130.0 !O!, Visina glavčine: 115,0 m

Naziv: Level 0 - Calculated - Std. 106dB - 04-2016

Izvor: Proizvođač

Izvor/Datum	Kreirao	Datum kreiranja	Dopunjeno	Zaustavna brzina vjetra	Kontrola snage	Vrsta CT krive	Tip Generatora	Specifična snaga kW/m <sup>2</sup>
06.04.2016	EMD	17.12.2014	13.04.2016	25,0	Zakretanje	Defin. korisnik	Promjenjiv	0,27 Power Curve Rev. 1.

Siemens Wind Power i njegova povezana lica zadržavaju pravo da promijene iznad date specifikacije bez prethodnog obavještenja.

## HP kriva poređenja - Napomena: Za standardnu gustinu vazduha

Vmean

HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013)

Siemens SWT-3.6-130 3600 130.0 !O! Level 0 - Calculated - Std. 106dB - 04-2016 [MWh]

Kontrolna vrijednost

[m/s]	5	6	7	8	9	10
[MWh]	6.598	9.875	12.967	15.670	17.917	19.694
[MWh]	6.663	9.933	13.016	15.706	17.934	19.677
[%]	-1	-1	0	0	0	0

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage

## Kriva snage

Prvobitni podaci, Gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

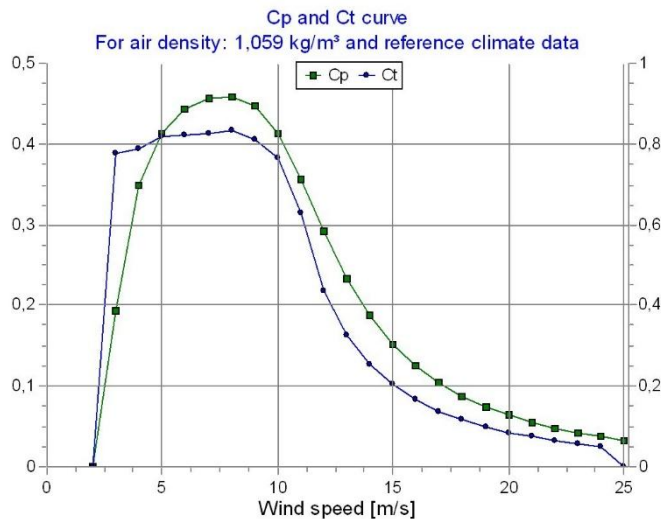
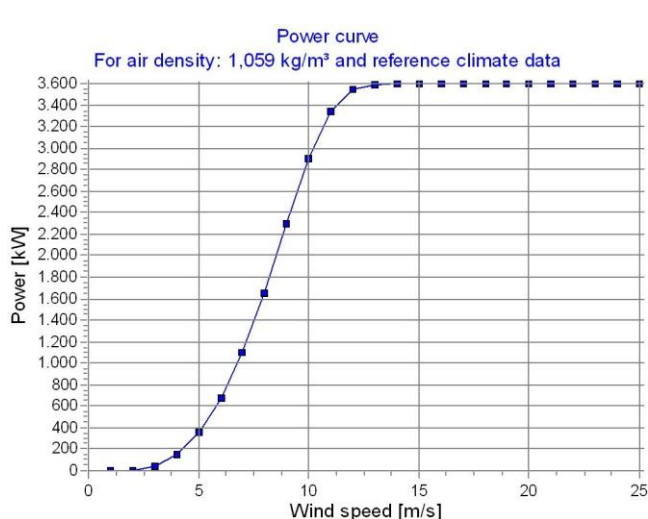
Brzina vjetra [m/s]	Snaga [kW]	Cp	Brzina vjetra [m/s]	Ct kriva
2,0	0,0	0,00	2,0	0,00
3,0	43,0	0,20	3,0	0,77
4,0	184,0	0,35	4,0	0,79
5,0	421,0	0,41	5,0	0,82
6,0	778,0	0,44	6,0	0,82
7,0	1.269,0	0,46	7,0	0,82
8,0	1.901,0	0,46	8,0	0,83
9,0	2.630,0	0,44	9,0	0,81
10,0	3.261,0	0,40	10,0	0,77
11,0	3.534,0	0,33	11,0	0,63
12,0	3.593,0	0,26	12,0	0,43
13,0	3.600,0	0,20	13,0	0,33
14,0	3.600,0	0,16	14,0	0,25
15,0	3.600,0	0,13	15,0	0,20
16,0	3.600,0	0,11	16,0	0,17
17,0	3.600,0	0,09	17,0	0,14
18,0	3.600,0	0,08	18,0	0,12
19,0	3.600,0	0,06	19,0	0,10
20,0	3.600,0	0,06	20,0	0,09
21,0	3.600,0	0,05	21,0	0,07
22,0	3.600,0	0,04	22,0	0,06
23,0	3.600,0	0,04	23,0	0,06
24,0	3.600,0	0,03	24,0	0,05
25,0	3.600,0	0,03	25,0	0,05

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,059 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani

IEC metod, poboljšani od odgovara upravljanju turbine)&lt;PREPORUČUJE SE

Brzina vjetra [m/s]	Snaga [kW]	Cp Interval [MWh]	Energy Acc. [MWh]	Relative [%]	Energy Relative [m/s]	[kW]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	6,0	6,0	0,1
3,0	36,7	0,19	2,50- 3,50	41,4	47,4	0,4
4,0	156,3	0,35	3,50- 4,50	133,7	181,1	1,7
5,0	362,8	0,41	4,50- 5,50	286,6	467,7	4,4
6,0	672,9	0,44	5,50- 6,50	486,0	953,7	8,9
7,0	1.100,3	0,46	6,50- 7,50	713,1	1.666,8	15,6
8,0	1.651,2	0,46	7,50- 8,50	939,6	2.606,4	24,4
9,0	2.288,6	0,45	8,50- 9,50	1.125,5	3.731,9	35,0
10,0	2.895,6	0,41	9,50- 10,50	1.211,2	4.943,1	46,4
11,0	3.334,6	0,36	10,50- 11,50	1.158,1	6.101,2	57,2
12,0	3.539,1	0,29	11,50- 12,50	1.008,6	7.109,8	66,7
13,0	3.587,1	0,23	12,50- 13,50	833,0	7.942,8	74,5
14,0	3.598,5	0,19	13,50- 14,50	667,1	8.609,9	80,7
15,0	3.600,0	0,15	14,50- 15,50	524,6	9.134,5	85,7
16,0	3.600,0	0,13	15,50- 16,50	406,9	9.541,4	89,5
17,0	3.600,0	0,10	16,50- 17,50	311,8	9.853,3	92,4
18,0	3.600,0	0,09	17,50- 18,50	236,2	10.089,4	94,6
19,0	3.600,0	0,07	18,50- 19,50	176,8	10.266,2	96,3
20,0	3.600,0	0,06	19,50- 20,50	130,9	10.397,2	97,5
21,0	3.600,0	0,06	20,50- 21,50	95,9	10.493,1	98,4
22,0	3.600,0	0,05	21,50- 22,50	69,6	10.562,6	99,1
23,0	3.600,0	0,04	22,50- 23,50	49,9	10.612,6	99,5
24,0	3.600,0	0,04	23,50- 24,50	35,5	10.648,1	99,9
25,0	3.600,0	0,03	24,50- 25,50	14,7	10.662,8	100,0



Projekat:

Green Gvozd\_Crna Gora

## PARK – Analiza krive snage

Licencirani korisnik:

Fichtner GmbH &amp; Co. KG

Büyükdere Caddesi Polat Han No:87/5, Mecidiyeköy, Sisli TR-34387 Istanbul

+90 (212) 217 17 67

M. Neubauer / johannes.eckstein@fichtner.de

Datum proračuna:

18.02.2019 09:01/3.2.712

**Proračun:** 13x Vestas V136-4.0 MW sa povećanjem 4.2MW@112hh\_mit resource MU 302 ZK 307 **VTG:** T 1 - VESTAS V136-4.2 4200 136.0 !O!, Visina glavčine: 112,0 m

**Naziv:** Power Optimized Mode PO1/PO1- OS (HWO)

**Izvor:** T05 – Opšti opis; 0067-7065 V08

Izvor/datum Kreirao Datum kreiranja Dopunjeno Zaustavna brzina vjetra Kontrola snage CT kriva Tip generatora Specifična saga  
10.08.2018 USER 18.02.2019 18.02.2019 [m/s] 32,0 kW/m<sup>2</sup>  
Zakretanje Standardno zakretanje Promjenljivo 0,29

Krive snage i Ct vrijednosti Power Optimized Mode PO1/PO1- OS (HWO) nijesu validne za visinu glavčine = 104 m. Za visine glavčine = 104 m, mora se konsultovati Vestas za posebnu evaluaciju projekta.

**HP kriva poređenja** – Napomena: za standardnu gustinu vazduha

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP srednje zakretanje, promjenjiva brzina (2013)	[MWh]	7.316	11.059	14.638	17.800	20.450	22.557
VESTAS V136-4.2 4200 136.0 !O! Power Optimized Mode PO1/PO1- OS (HWO)	[MWh]	7.298	11.008	14.568	17.730	20.423	22.656
Kontrolna vrijednost	[%]	0	0	0	0	0	0

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage

## Kriva snage

Prvobitni podaci, gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

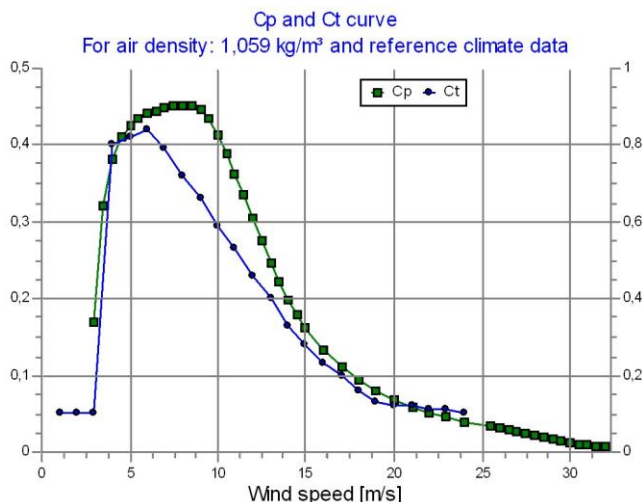
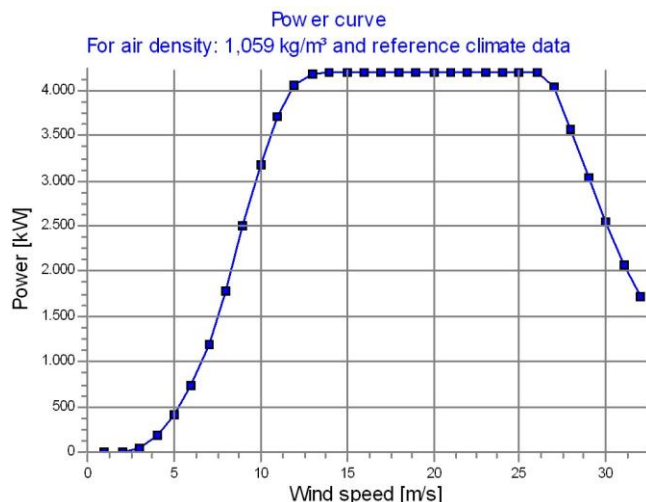
Wind speed	Power	Cp	Wind speed	Ct
[m/s]	[kW]		[m/s]	
3,0	57,0	0,24	1,0	0,10
3,5	132,0	0,35	2,0	0,10
4,0	224,0	0,39	3,0	0,10
4,5	337,0	0,42	4,0	0,80
5,0	477,0	0,43	5,0	0,82
5,5	648,0	0,44	6,0	0,84
6,0	853,0	0,44	7,0	0,79
6,5	1.095,0	0,45	8,0	0,72
7,0	1.380,0	0,45	9,0	0,66
7,5	1.703,0	0,45	10,0	0,59
8,0	2.069,0	0,45	11,0	0,53
8,5	2.471,0	0,45	12,0	0,46
9,0	2.871,0	0,44	13,0	0,40
9,5	3.232,0	0,42	14,0	0,33
10,0	3.562,0	0,40	15,0	0,28
10,5	3.845,0	0,37	16,0	0,23
11,0	4.035,0	0,34	17,0	0,20
11,5	4.145,0	0,31	18,0	0,16
12,0	4.187,0	0,27	19,0	0,13
12,5	4.197,0	0,24	20,0	0,12
13,0	4.199,0	0,21	21,0	0,12
13,5	4.200,0	0,19	22,0	0,11
14,0	4.200,0	0,17	23,0	0,11
14,5	4.200,0	0,15	24,0	0,10
15,0	4.200,0	0,14		
16,0	4.200,0	0,12		
17,0	4.200,0	0,10		

18,0	4.200,0	0,08
19,0	4.200,0	0,07
20,0	4.200,0	0,06
21,0	4.200,0	0,05
22,0	4.200,0	0,04
23,0	4.200,0	0,04
24,0	4.200,0	0,03
25,0	4.198,0	0,03
26,0	4.182,0	0,03
26,5	4.124,0	0,02
27,0	4.000,0	0,02
27,5	3.835,0	0,02
28,0	3.565,0	0,02
28,5	3.292,0	0,02
29,0	3.039,0	0,01
29,5	2.792,0	0,01
30,0	2.549,0	0,01
30,5	2.309,0	0,01
31,0	2.075,0	0,01
31,5	1.869,0	0,01
32,0	1.722,0	0,01

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,059 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšani od odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE

Brzina vjetra	Snaga	Cp	Interval	Energy	Acc. Energy	Relative	[m/s]	[kW]	[m/s]
[m/s]	[MWh]	[MWh]	[%]	[MWh]	[MWh]	[%]			
1,0	0,0	0,00	0,50-1,50	0,0	0,0	0,0			
2,0	0,0	0,00	1,50-2,50	0,0	0,0	0,0			
3,0	35,0	0,17	2,50-3,50	43,8	43,8	0,4			
4,0	188,0	0,38	3,50-4,50	157,7	201,5	1,7			
5,0	408,4	0,42	4,50-5,50	318,5	520,0	4,3			
6,0	732,5	0,44	5,50-6,50	518,1	1.038,0	8,5			
7,0	1.184,6	0,45	6,50-7,50	746,9	1.784,9	14,6			
8,0	1.781,5	0,45	7,50-8,50	983,7	2.768,5	22,7			
9,0	2.501,4	0,45	8,50-9,50	1.186,3	3.954,8	32,4			
10,0	3.180,3	0,41	9,50-10,50	1.289,9	5.244,7	43,0			
11,0	3.717,1	0,36	10,50-11,50	1.272,1	6.516,8	53,4			
12,0	4.054,1	0,31	11,50-12,50	1.159,1	7.675,9	62,9			
13,0	4.178,7	0,25	12,50-13,50	987,5	8.663,4	71,0			
14,0	4.198,1	0,20	13,50-14,50	807,1	9.470,5	77,6			
15,0	4.200,0	0,16	14,50-15,50	647,1	10.117,5	82,9			
16,0	4.200,0	0,13	15,50-16,50	511,9	10.629,5	87,1			
17,0	4.200,0	0,11	16,50-17,50	400,0	11.029,4	90,4			
18,0	4.200,0	0,09	17,50-18,50	308,7	11.338,1	92,9			
19,0	4.200,0	0,08	18,50-19,50	235,3	11.573,4	94,8			
20,0	4.200,0	0,07	19,50-20,50	177,3	11.750,7	96,3			
21,0	4.200,0	0,06	20,50-21,50	132,0	11.882,7	97,4			
22,0	4.200,0	0,05	21,50-22,50	97,1	11.979,9	98,2			
23,0	4.200,0	0,04	22,50-23,50	70,7	12.050,6	98,8			
24,0	4.200,0	0,04	23,50-24,50	50,8	12.101,4	99,2			
25,0	4.200,0	0,03	24,50-25,50	36,2	12.137,6	99,5			
26,0	4.200,0	0,03	25,50-26,50	25,3	12.162,9	99,7			
27,0	4.034,0	0,03	26,50-27,50	16,9	12.179,8	99,8			
28,0	3.565,0	0,02	27,50-28,50	10,5	12.190,3	99,9			
29,0	3.039,0	0,02	28,50-29,50	6,1	12.196,5	100,0			
30,0	2.549,0	0,01	29,50-30,50	3,5	12.200,0	100,0			
31,0	2.075,0	0,01	30,50-31,50	1,9	12.201,9	100,0			
32,0	1.722,0	0,01	31,50-32,50	0,7	12.202,6	100,0			



## PARK – Analiza krive snage

**Proračun:** 13x Vestas V150-4.0 MW sa uvećanjem 4.2MW@105hh\_mit resource MU 302 ZK 307 VTG: T 1 - VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O!, Visina glavčine: 105,0 m

**Naziv:** Power Optimized Mode PO1/PO1-0S

**Izvor:** T05 – Opšti opis: 0067-7067 V09

Izvor/datum	Kreirao	Datum kreiranja	Dopunjeno	Zaustavna brzina	Kontrola snage	CT kriva	Tip generatora	Specifična saga [m/s]	kW/m <sup>2</sup>
25.09.2018	USER	18.02.2019	18.02.2019	24,5	Pitch	Standard pitch	Variable	0,24	

**HP kriva poređenja** - Napomena: Za standardnu gustinu vazduha

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP vrijednost zakretanja, promjenjiva brzina (2013)	[MWh]	8.530	12.511	16.163	19.289	21.849	23.843
VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! Power Optimized Mode PO1/PO1-0S	[MWh]	8.684	12.694	16.347	19.418	21.824	23.553
Kontrolna vrijednost	[%]	-2	-1	-1	-1	0	1

U tabeli je prikazano poređenje godišnje proizvodnje energije izračunate na osnovu pojednostavljenih 'HP krivih' sa pretpostavkom da svi VTG-i slično funkcionišu – samo specifično opterećenje snage (kW/m<sup>2</sup>) i jedna/dvije-brzine ili zaklinjenje/zakretanje određuju dobijene vrijednosti. Proizvodnja je data bez gubitaka zavjetrine.

Za više detalja obratiti se Danskoj Agenciji za energetiku za uvid u projektni izvještaj J.nr. 51171/00-0016 ili vidi windPRO poglavlje priručnika 3.5.2.

Metoda je prečišćena u EMD izvještaju "20 detaljnih studija slučaja u kojima je izvršeno poređenje Projektnih proračuna i stvarne proizvodnje el. energije za projekte vjetroelektrana širom svijeta", jan 2003.

Koristite tabelu da bi procijenili da li je data kriva snage opravdana – ako su vrijednosti provjere manje od -5%, kriva snage je vjerovatno preoptimistična zbog nesigurnosti u mjerenju krive snage

## Kriva snage

Prvobitni podaci, gustina vazduha: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

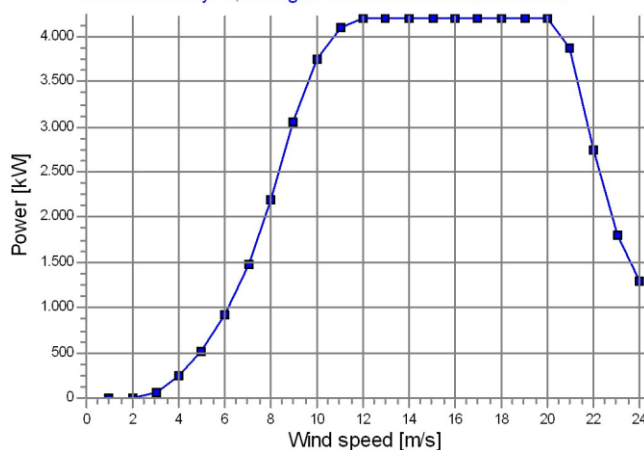
Brzina vjetra	Snaga Cp	Brzina vjetra	Ct kriva [m/s]
[kW]	[m/s]		
3,0	81,0	0,28	1,0
3,5	172,0	0,37	2,0
4,0	285,0	0,41	3,0
4,5	424,0	0,43	4,0
5,0	597,0	0,44	5,0
5,5	809,0	0,45	6,0
6,0	1.062,0	0,45	7,0
6,5	1.361,0	0,46	8,0
7,0	1.709,0	0,46	9,0
7,5	2.101,0	0,46	10,0
8,0	2.545,0	0,46	11,0
8,5	3.014,0	0,45	12,0
9,0	3.458,0	0,44	13,0
9,5	3.807,0	0,41	14,0
10,0	4.038,0	0,37	15,0
10,5	4.143,0	0,33	16,0
11,0	4.191,0	0,29	17,0
11,5	4.199,0	0,26	18,0
12,0	4.200,0	0,22	19,0
12,5	4.200,0	0,20	20,0
13,0	4.200,0	0,18	21,0
14,0	4.200,0	0,14	22,0
15,0	4.200,0	0,11	23,0
16,0	4.200,0	0,09	24,0
17,0	4.200,0	0,08	
18,0	4.200,0	0,07	
19,0	4.200,0	0,06	
20,0	4.200,0	0,05	
20,5	4.186,0	0,04	
21,0	3.870,0	0,04	
21,5	3.373,0	0,03	
22,0	2.745,0	0,02	
22,5	2.154,0	0,02	
23,0	1.805,0	0,01	
23,5	1.526,0	0,01	
24,0	1.283,0	0,01	
24,5	1.116,0	0,01	

## Snaga, efikasnost i energija vs. brzina vjetra

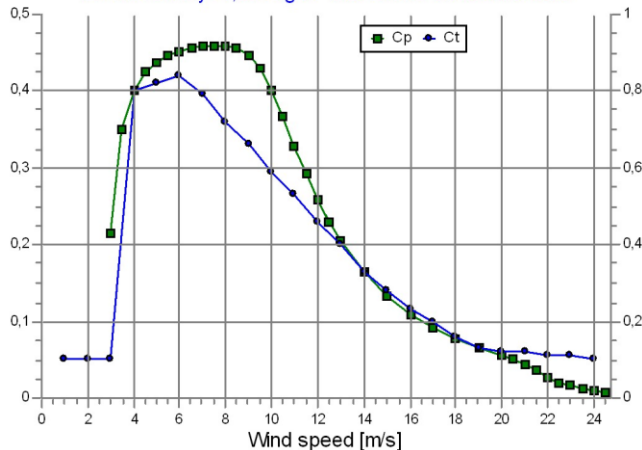
Podaci korišteni u obračunu, Gustina vazduha: 1,060 kg/m<sup>3</sup> New windPRO metoda (korigovani IEC metod, poboljšana od odgovara upravljanju turbine) <PREPORUČUJE SE

Wind speed	Power	Cp	Interval	Energy Acc.	Energy Relative	Relative [m/s]	[kW]
[m/s]	[MWh]	[m/s]	[MWh]	[MWh]	[%]		
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0	
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0	
3,0	54,4	0,22	2,50- 3,50	58,4	58,4	0,4	
4,0	240,9	0,40	3,50- 4,50	202,9	261,3	2,0	
5,0	512,7	0,44	4,50- 5,50	400,6	661,9	5,0	
6,0	914,0	0,45	5,50- 6,50	645,7	1.307,6	10,0	
7,0	1.471,5	0,46	6,50- 7,50	923,6	2.231,3	17,0	
8,0	2.197,9	0,46	7,50- 8,50	1.205,5	3.436,8	26,2	
9,0	3.049,6	0,45	8,50- 9,50	1.430,5	4.867,3	37,1	
10,0	3.758,8	0,40	9,50- 10,50	1.498,7	6.366,0	48,5	
11,0	4.096,2	0,33	10,50- 11,50	1.386,4	7.752,4	59,0	
12,0	4.192,5	0,26	11,50- 12,50	1.184,6	8.937,0	68,1	
13,0	4.199,8	0,20	12,50- 13,50	975,2	9.912,2	75,5	
14,0	4.200,0	0,16	13,50- 14,50	788,6	10.700,9	81,5	
15,0	4.200,0	0,13	14,50- 15,50	629,5	11.330,3	86,3	
16,0	4.200,0	0,11	15,50- 16,50	496,1	11.826,4	90,1	
17,0	4.200,0	0,09	16,50- 17,50	386,0	12.212,4	93,0	
18,0	4.200,0	0,08	17,50- 18,50	296,7	12.509,1	95,3	
19,0	4.200,0	0,07	18,50- 19,50	225,2	12.734,3	97,0	
20,0	4.194,8	0,06	19,50- 20,50	168,6	12.902,9	98,3	
21,0	3.870,0	0,04	20,50- 21,50	114,4	13.017,3	99,1	
22,0	2.745,0	0,03	21,50- 22,50	62,4	13.079,7	99,6	
23,0	1.805,0	0,02	22,50- 23,50	29,9	13.109,6	99,8	
24,0	1.283,0	0,01	23,50- 24,50	15,3	13.124,9	100,0	
25,0	0,0	0,00	24,50- 25,50	5,2	13.130,1	100,0	

Power curve  
For air density: 1,060 kg/m<sup>3</sup> and reference climate data



Cp and Ct curve  
For air density: 1,060 kg/m<sup>3</sup> and reference climate data





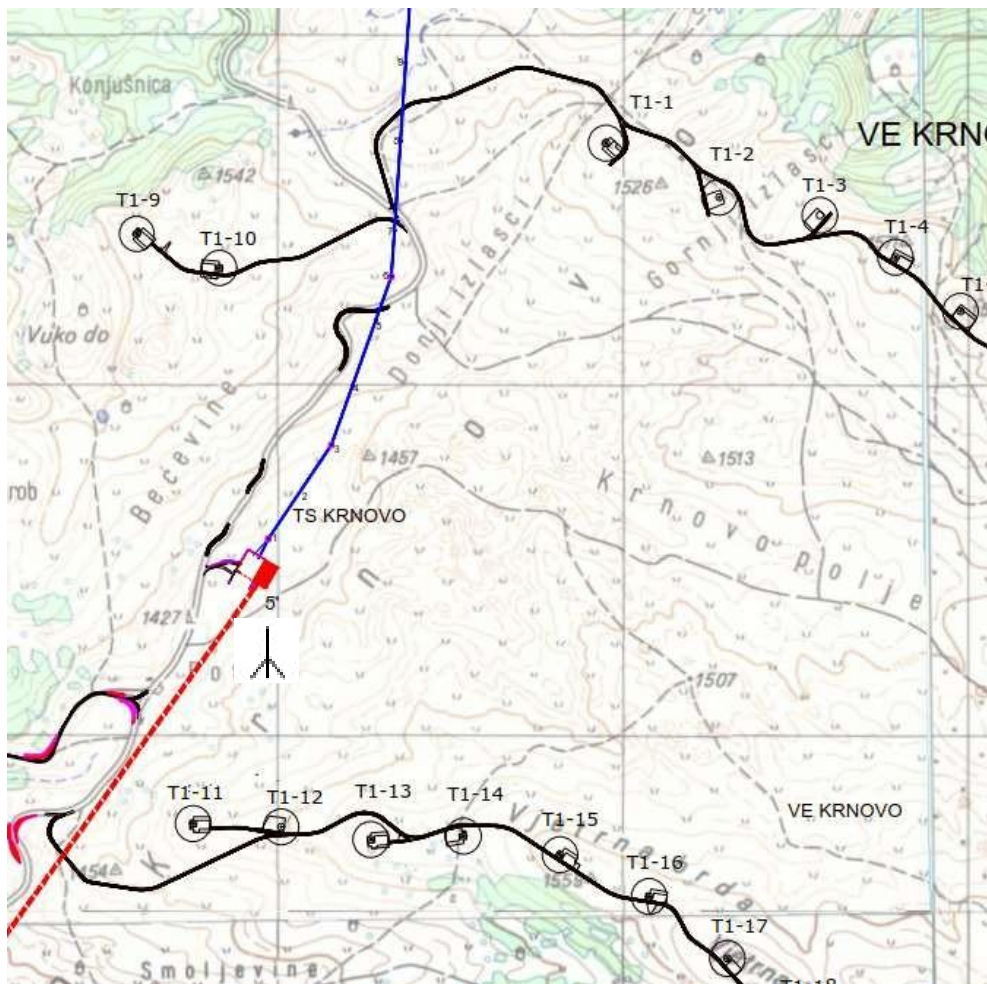
## **DODATAK D – Obrazac Izvještaja o izvršenom pregledu lokacije**

**Opšte informacije o projektu:**

Naziv: MS 301 A  
Vlasnik: IVICOM Holding  
Status: Priprema  
Lokacija: Crna gora

**Komentari tokom posjete lokacije:**

Mjerni stubovi u lošem stanju:  
kablovska mreža nije pričvršćena na stub, FN panel nije pričvršćen,  
zapisivač podataka nije u zatvorenom kućištu



Pozicija GK E: 6590113 N:4749083  
MS 301 A East: 19,098112° North:42,880717°

Molimo vas da koristite ispod navedene oznake tokom opisivanja objekata tokom posjete lokacije

Susjedni vjetro-park		Mjerni stubovi	
Naselje /kuće		Prilazni put	
Zaštićena područja		Lokacija trafostanice	
Pošumljena područja		Druge prepreke	

**Opšte informacije o stanici:**

Naziv: MS 301 A  
 Koordinatni sistem:  
 Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717  
 Visina: 1485  
 Datum ugradnje: 07.11.2011  
 Ugradio: Fractal d.o.o. Split

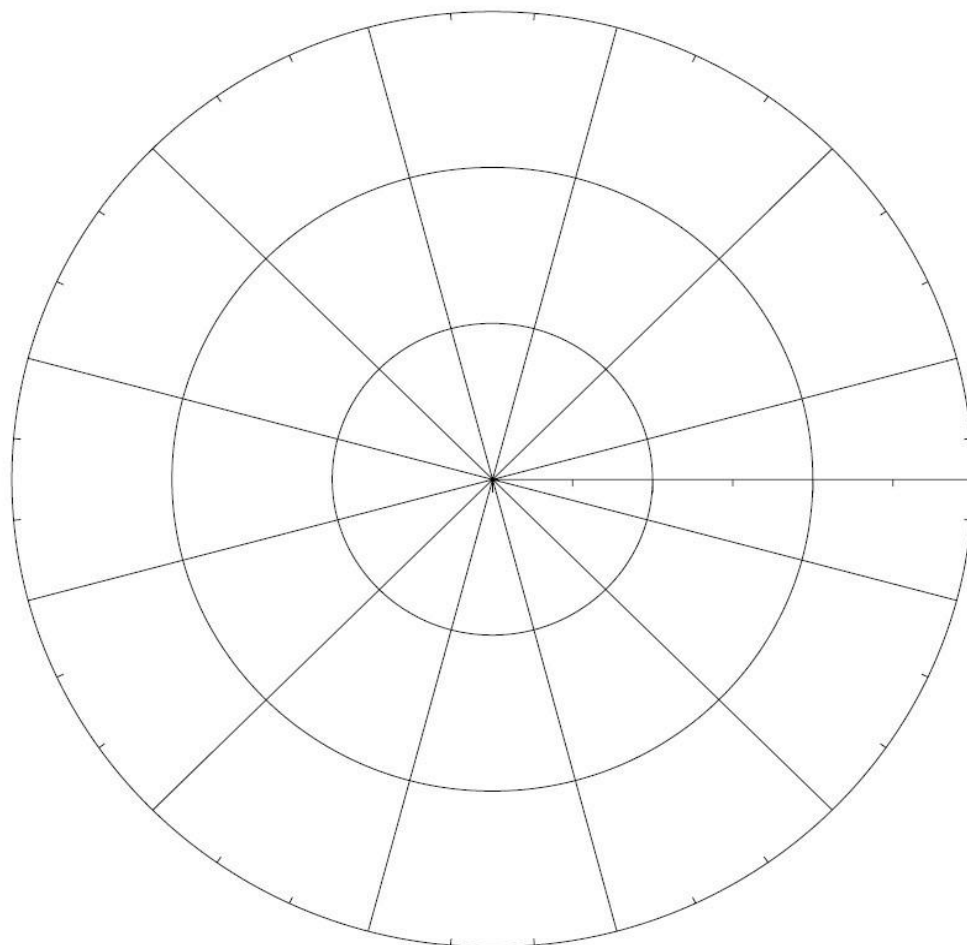
**Komentari tokom posjete lokacije:**

vidi stranu 1

informacije iz izvještaja o ugradnji

#	Senzor	Tip	Instalacija	horiz. krak	vert. krak	krak/pravac
			visina	dužina	dužina	orijentacija
1	An1-301 A	NRG #40C	60	1530	203	90
2	An2-301 A	NRG #40C	60	2400	381	270
3	An3-301 A	NRG #40C	48	1530	203	90
4	An4-301 A	NRG #40C	48	2400	381	270
5	An5-301 A	NRG #40C	32	1530	203	90
6	An6-301 A	NRG #40C	32	2400	381	270
7	V1-301 A	NRG #030P	58,5	2400	381	193
8	V2-301 A	NRG #030P	49,5	2400	381	183
9						
10						
11						
12						

Molimo koristite crtež ispod za obuhvatanje informacija uočenih tokom posjete lokacije



**Opšte informacije o projektu**

Naziv: MS 301 A

Vlasnik: IVICOM Holding

Status: Priprema

Lokacija: Crna Gora

**Opšti opis lokacije**

Topografija / Složenost:

Komentar na reprezentativnost lokacije mjernosg stuba.

uspon sa južne (30m) i istočne strane (40m) od mjernog stuba

oko mjernih stubova su pašnjaci

pogled na istok



pogled na jug



Biljni pokrivač:

Komentar o prisustvu pošumljenih područja

žbunje i jedna kuća na udaljenosti od 180m JZ



## Opšte informacije o stanici:

Naziv: MS 301 A

Koordinat.-sistem:

Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717°

Visina: 1485 m

Datum ugradnje: 08.09.2011

Ugradio: FRACTAL d.o.o.

## Potvrđeno tokom posjete lokacije:

Koordinate:

Visina:

Opšte stanje mjernog stuba:

Visina:


 Visina : 60m;  
58,5m

Instrument:

An1, An2, V1

Height:

 48m;  
49,5m

Instrument:

An3, An4, V2

Visina:



Visina : 32m

Instrument:

An5, An6

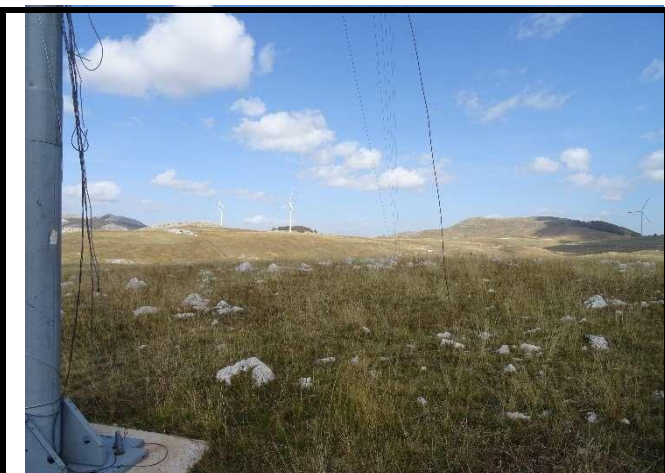
Visina :

Instrument:



**Opšte informacije o stanici:**

Naziv: MS 301 A  
 Koordinat.-sistem: 0  
 Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717°  
 Visina: 1485 m  
 Datum ugradnje: 40794  
 Ugradio: FRACTAL d.o.o.

**Komentari tokom posjete lokacije:**


sektor 0° (337° - 22°)



sektor 45° (22° - 67°)



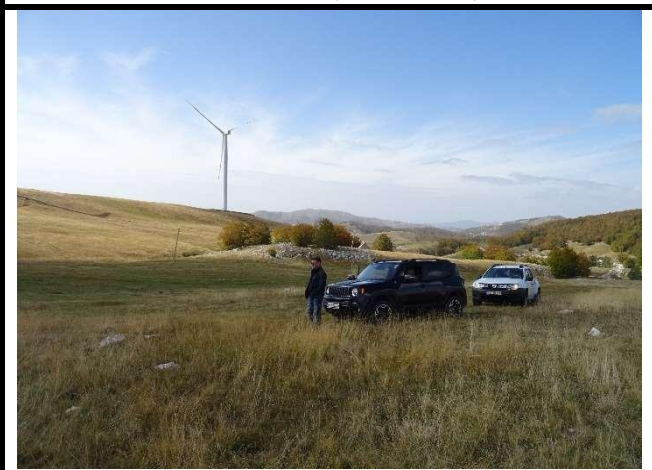
sektor 90° (67° - 112°)



sektor 135° (112° - 157°)





sektor 180° (157° - 202°)



sektor 225° (202° - 247°)

<b>FICHTNER</b> Pregled mjernog stuba		Datum obilaska:	00.01.1900
		Nadzornik radova:	0

Opšte informacije o stanici:		Komentari tokom posjete lokacije:	
Naziv: MS 301 A Koordinat.-sistem: 0 Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717° Visina: 1485 m Datum ugradnje: 40794 Ugradio: FRACTAL d.o.o.		<div></div>	

	
sektor 270° (247° - 289°)	sektor 315° (289° - 2337°)
<div></div>	<div></div>
<div></div>	<div></div>

## Opšte informacije o stanici:

Naziv: MS 301 A

Koordin.-Sistem:

Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717°

Visina: 1485 m

Datum ugradnje: 08.09.2011

Ugradio: FRACTAL d.o.o. Kupreška 37, 21000 Spl Croatia

## Opšti opis okoline mjernog stuba

Vegetacija/površinski pokrivač: komentar o neravnosti zemljišta

pašnjak, neravnost 0,5

Smetnje: komentar o dimenzijama objekata; visina i gustina vegetativnog pokrivača

Postojeće T 1-11, T1-12 i T1-13 na 350m - 400m u pravcu juga

trafostanica na 390m SZ

žbunje i jedna kuća na 180m IZ

Opšta pitanja pojasniti tokom posjete lokaciji

Da li je tokom posjete vršeno održavanje?

vidi dnevnik mjernog stuba

Da li je došlo do promjene opreme tokom posjete?

--

Da li je bilo većih kvarova?

Mjerni stub je u lošem stanju:

kablovska mreža nije pričvršćena na stub, FN panel nije pričvršćen

zapisivač podataka nije u zatvorenom kućištu



## Opšte informacije o stanici:

Naziv: MS 301 A

Koordinat-Sistem:

Koordinate: East: 19,098112° North: 42,880717°

Visina: 1485 m

Datum ugradnje: 08.09.2011

Ugradio: FRACTAL d.o.o. Kupreška 37, 21000 Spl Croatia

## Vegetacija /površinski pokrivač:

[insert photo from ground roughness]

## Smetnje/prepreke:

[insert photo from obstacle]

[insert photo from obstacle]

# Obrazac opisa lokacije

Naziv lokacije: Gvozd

Datum izvršenog pregleda: 05.10.2018

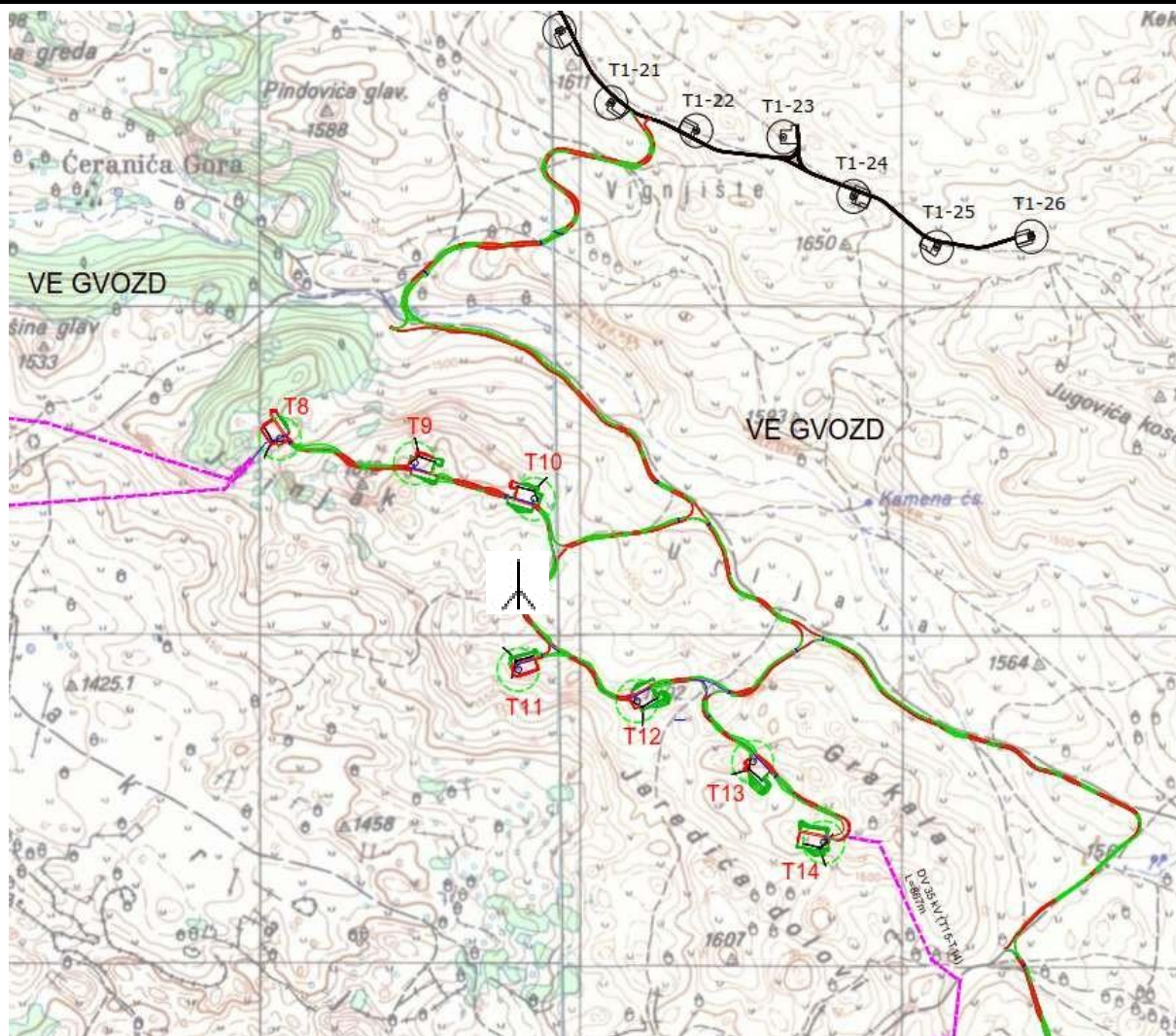
Nadzornik radova: MN

## Opšte informacije o projektu:

Naziv: MS 307  
Vlasnik: IVICOM Holding  
Status: U pripremi  
Lokacija: Crna Gora

## Komentari tokom posjete:

Anemometar 4 (40m) je polomljen,  
postoje samo dva davača vjetera



SGŠ 42° 85428 N

IGD 19° 11854 E

Molimo vas da koristite ispod navedene oznake tokom opisivanja objekata tokom posjete lokacije

Susjedne vjetrofarme	✕
Nasljea / kuće	🏠
Zaštićena područja	🌿
Pošumljena područja	🌲

Mjerni stub	📏
Prilazni put na lokaciju	🛣️
Lokacija trafostanice	📦
Druge prepreke	⚠️

## Opšte informacije o stanici:

Name: MS 307

Kooordinat-Sistem:

Koordinate: 42°.85428 N 19°.11854 E

Visina: 1572 m

Datum ugradnje: 23.10.2015

Ugradio: SME Wind

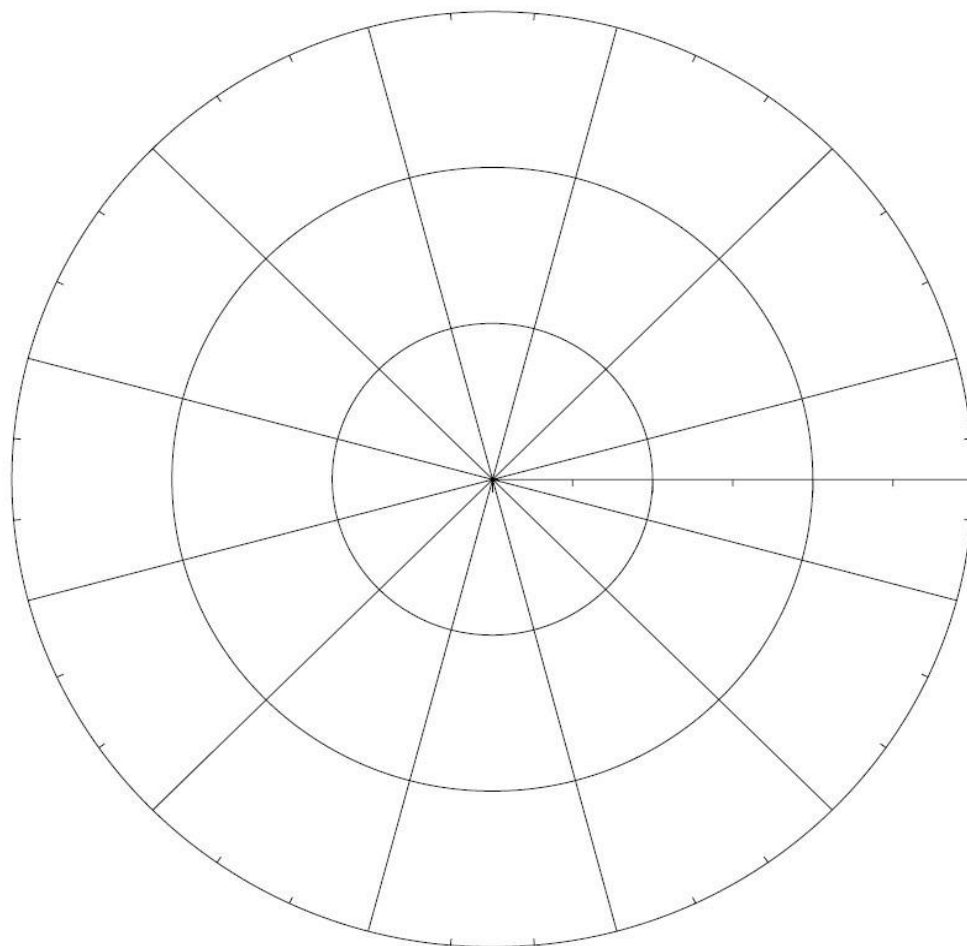
## Komentari tokom posjete lokacije:

vidi stranu 1

Informacije iz izvještaja o ugradnji

#	Senzor	Tip	Ugradnja	horiz. krak	vert. krak	krak
			visina	dužina	dužina	orientacija
1	An1-307	Thies Clima 4.3351.10.000	83,95	-	3050	Top
2	An2-307	Thies Clima 4.3351.10.000	80	3760	825	125
3	An3-307	Thies Clima 4.3351.10.000	60	3760	825	125
4	An4-307	Thies Clima 4.3351.10.000	40	3760	825	125
5	An5-307	Thies Clima 4.3351.10.000	20	3760	825	125
6	V1-307	Thies Clima 4.3150.10.110	78	3760	825	305
7	V2-307	Thies Clima 4.3150.10.110	58	3760	825	305

Molimo koristite crtež ispod za obuhvatanje informacija uočenih tokom posjete lokacije.



## Opšte informacije o projektu:

Naziv: MS 307  
 Vlasnik: IVICOM Holding  
 Status: U izradi  
 Lokacija: Crna Gora

## Opšti opis lokacije

## Topografija / Složenost:

## Komentar na reprezentativnost lokacije mjernog stuba

složen teren

nagib južno i zapadno      oko 100m na udaljenosti od 500-600m

pogled u pravcu juga


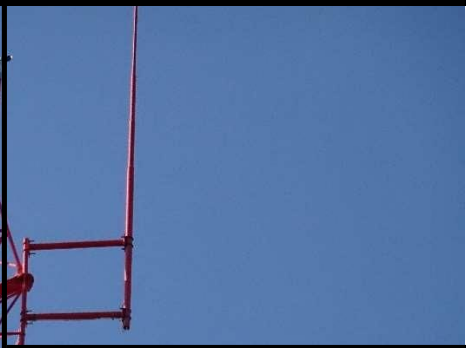


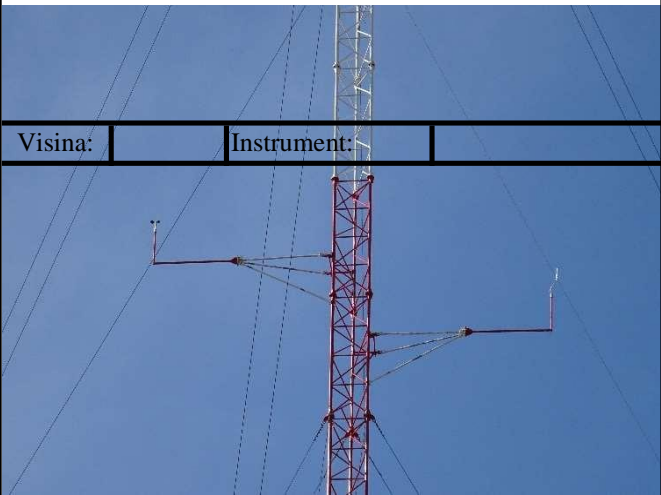



## Biljni pokrivač:

## Komentar na prisutnost pošumljenih područja

žbunje 500m u sjevero-zapadnom pravcu; visina žbunja 5-8m



<b>FICHTNER</b>		Obrazac pregleda mjernog stuba		Datum izvršenog pregleda/obilaska:		05.10.2018	
				Nadzornik radova::		MN	
Opšte informacije o stanici: Naziv: MS 307 Koordinat.-sistem: Koordinate: 19°.11854 E    42°.85428 N Visina: 1572 Datum ugradnje: 23.10.2015 Ugradio: FRACTAL d.o.o.				Potvrđeno tokom posjete lokacije: Koordinate: Visina: Opšte stanje mjernog stuba:			
				Visina:		Instrument:	
				Visina:		Instrument:	
83,95m 80m;							
Visina: 78m		Instrument: An1, An2, V1		Visina:		Instrument:	
				Visina:		Instrument:	
Visina: 60;58m		Instrument: An3, V2		Visina: 20m		Instrument: An5	

**Opšte informacije o stanici:**

Naziv: MS 307

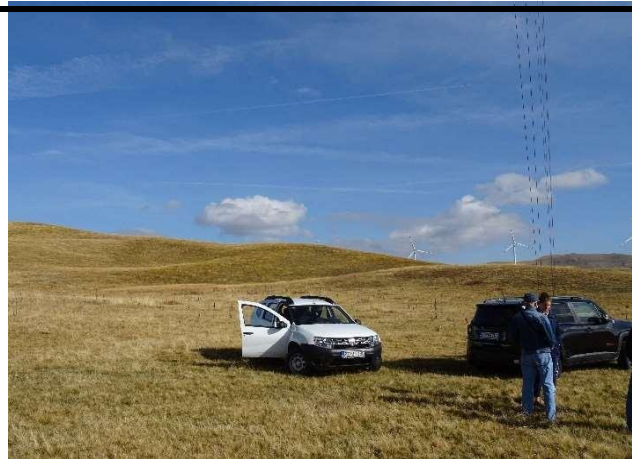
Koordinatni sistem:

Komentari: 19°.11854 E 42°.85428 N

Visina: 1572

Datum ugradnje: 42300

Ugradio: FRACTAL d.o.o.

**Komentari tokom posjete lokacije:**

**sektor 0° (337° - 22°)**

**sektor 45° (22° - 67°)**



**sektor 90° (67° - 112°)**

**sektor 135° (112° - 157°)**

**sektor 180° (157° - 202°)**

**sektor 225° (202° - 247°)**



<b>FICHTNER</b> Pregled mjernog stuba		Datum izvršenog pregleda/obilaska:	05.10.2018
		Nadzornik radova::	MN
Opšte informacije o stanici:		Komentari tokom posjete lokacije:	
Naziv: MS 307 Koordinat-Sistem: Koordinate: 19°.11854 E    42°.85428 N Visina: 1572 Datum ugradnje: 42300 Ugradio: FRACTAL d.o.o.		<div></div>	
<div>  </div>		<div>  </div>	
sektor 270° (247° - 289°)		sektor 315° (289° - 2337°)	
<div></div>		<div></div>	
<div></div>		<div></div>	
<div></div>		<div></div>	

## Opšte informacije o stanici:

Naziv: MS 307

Koordinat-Sistem:

Koordinate: 19° .11854 E 42° .85428 N

Visina: 1572

Datum ugradnje: 23.10.2015

Ugradio: FRACTAL d.o.o. Kupreška 37, 21000 Spl Croatia

## Opis okruženja mjernog stuba

Vegetacija/površinski pokrivač: komentar na neravnost zemljišta

pašnjak, neravnost terena 0,5

žbunje 500m u pravcu sjevero-zapada; visine 5-8m ca.

100m nizbrdice prema jugu i zapadu na razdaljini od 500-600m

Prepreke: komentar na dimenzije objekata; visina i gustina biljnog pokrivača

žbunje 500m u sjevero-zapadnom pravcu; visina žbunja 5-8m

## Opšta pitanja pojasniti tokom posjete lokacije

Da li je vršeno održavanje tokom posjete?

nema dnevnika podataka;

u skladu sa informacijama IVICOM-a bez problema sa senzorima tokom mjernog perioda

Da li je tokom posjete uočena bilo kakva promjena na opremi?

--

Da li je bilo većih kvarova?

Anemometar 4 (40m) je slomljen, postoje samo dva davača vjetra



## Opšte informacije o stanici:

Naziv: MS 307

Koordinat-Sistem:

Koordinate: 19°.11854 E 42°.85428 N

Visina: 1572

Datum ugradnje: 23.10.2015

Ugradio: FRACTAL d.o.o. Kupreška 37, 21000 Spl Croatia

## Vegetacija /površinski pokrivač:

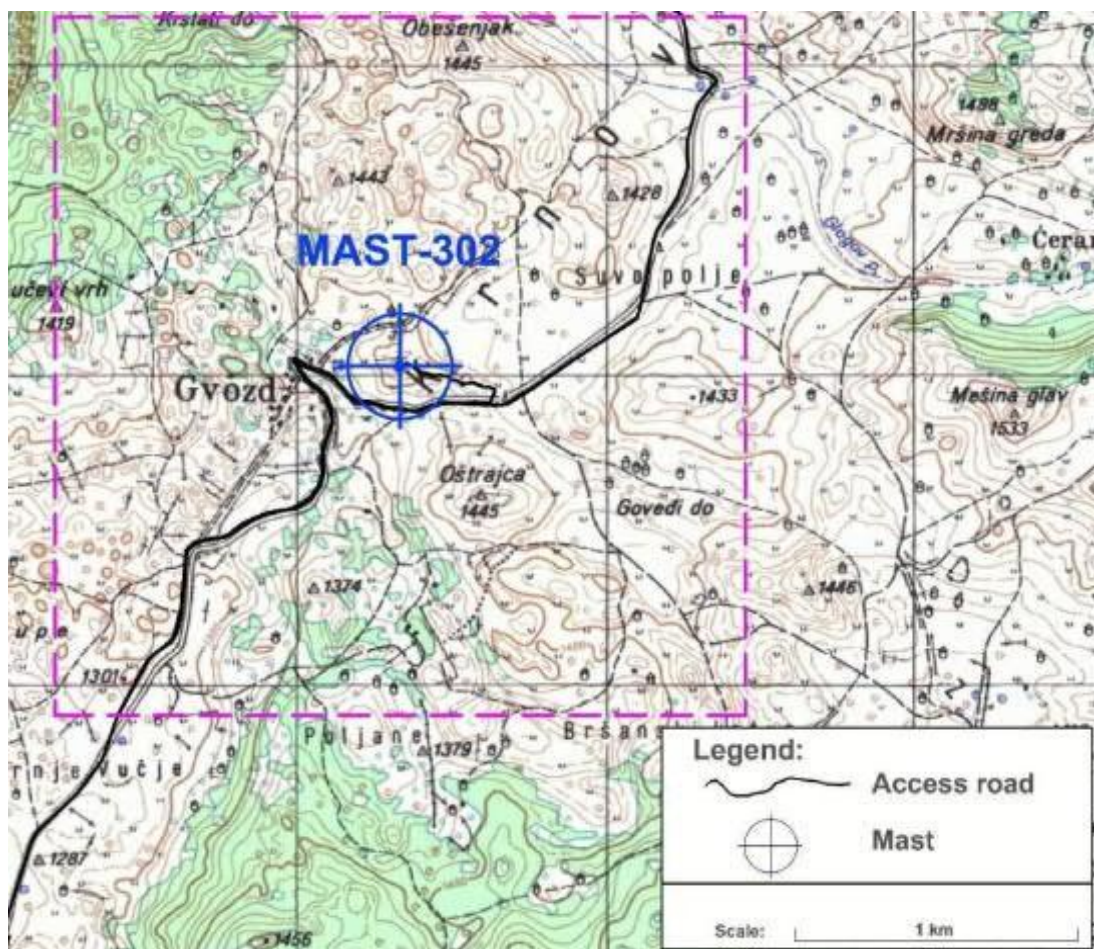
## Prepreka:

### General Project Information:

Naziv: MS 302  
Vlasnik: IVICOM Holding  
Status: U pripremi  
Lokacija: Crna Gora

### Komentari tokom posjete lokacije:

Mjerna stanica demontirana 2011.



Pozicija GK E: 6588353 N: 4747040  
MS 302 East: 19,076252° North: 42,862532°

Molimo da koristite ispod date oznake za opis tokom posjete lokacije

Susjedni vjetro-park		Mjerni stub	
Naselje / kuće		Prilazni put lokaciji	
Zaštićena područja		Lokacija trafostanice	
Pošumljena područja		Druge prepreke	



## Opšte informacije o Projektu:

Naziv: MS 302  
Vlasnik: IVICOM Holding  
Status: U pripremi  
Lokacija: Crna Gora

## Opšti opis lokacije

Topografija / Složenost:

*Komentar o reprezentativnosti lokacije mjernog stuba*

mjerni stub je na vrhu malog brda, oko

mjernog stuba je pašnjak

pogled u pravcu sjevera



pogled u pravcu juga



Biljni pokrivač:

*Komentar na prisustvo pošumljenih područja*

nema žbunja i drveća u blizini

[insert photo from forested areas]

<b>Obrazac pregleda mjernog stuba</b>		Datum izvršenog pregleda/obilaska:		
		Nadzornik radova::		

<b>Opšte informaiije o stanici:</b> Naziv: MS 302 Koordinat-Sistem: Koordinate: East: 19,076252° North: 42,862532° Visina: 1.410 Datum ugradnje: 07.09.2011 Ugradio: Fractald.o.o.Split		<b>Potvrđeno tokom posjete lokacije:</b> Koordinate: Visina:  mjerni stub je demontiran 2011.	
---	--	---	--

Visina:		Instrument:		Visina:		Instrument:	
Visina:	60m; 58,5m	Instrument:	An1, An2, V1	Visina:	48m; 49,5m	Instrument:	An3, An4, V2
Visina:		Instrument:		Visina:		Instrument:	
Visina:	32m	Instrument:	An5, An6	Visina:		Instrument:	





**Opšte informacije o stanici:**

Naziv: MS 302

Koordinat-Sistem: 0

Koordinate: East: 19,076252° North: 42,862532°

Visina: 1410

Datum ugradnje: 07.09.2011

Ugradio: Fractal d.o.o. Split

**Komentari tokom posjete:**

mjerni stub je demontiran 2011.



sektor 0° (337° - 22°)



sektor 45° (22° - 67°)




sektor 90° (67° - 112°)



sektor 135° (112° - 157°)



<b>FICHTNER</b> Pregled mjernog stuba		Datum izvršenog pregleda/obilaska:	05.10.2018
		Nadzornik radova::	MN
<b>Opšte informaije o stanici:</b> Naziv: MS 302 Koordinat-sistem: East: 19,076252° Visina: 1410 North: 42,862532° Datum ugradnje: 07.09.2011 Ugradio: Fractal d.o.o. Split		<b>Komentari tokom posjete lokacije:</b> mejrni stub je demontiran 2011.	
			
sektor 270° (247° - 289°)		sektor 315° (289° - 2337°)	
<div></div>		<div></div>	
<div></div>		<div></div>	



## DODATAK E – Detaljni rezultati

**Konačna dispozicija sa 13 VTG - Vestas V136 – 4.0MW sa povećanjem 4.2 MW, NH 112 m**

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.24	13,173	96.8	12,752
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.37	13,669	97.5	13,330
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.68	12,127	96.5	11,703
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.78	12,353	97.0	11,978
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.46	13,880	96.1	13,336
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.59	14,180	95.2	13,492
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.15	13,241	91.8	12,157
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.26	13,517	96.1	12,994
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.14	13,198	97.3	12,844
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.99	12,862	97.2	12,504
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.08	13,061	98.0	12,800
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.31	13,575	99.1	13,455
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.22	13,366	99.7	13,324
<b>Ukupno</b>					<b>172,203</b>	<b>96,8</b>	<b>166,670</b>

**13 VTG - Vestas V150 – 4.0 MW sa povećanjem 4.2 MW, NH 105 m**

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]		[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.17	13,881	96.5	13,389
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.30	14,471	97.4	14,088
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.60	13,105	96.4	12,628
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.73	13,363	97.0	12,956
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.39	14,608	95.9	14,014
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.54	14,954	94.8	14,182
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.11	14,188	91.1	12,931
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.21	14,441	95.8	13,835
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.09	14,135	97.1	13,730
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.90	13,808	96.9	13,382
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.00	13,973	97.8	13,660
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.26	14,471	99.0	14,320
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.16	14,297	99.7	14,247
<b>Ukupno</b>					183,694	96.6	177,361

### Enercon E-138 EP3 HH 81m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	6.91	10,960	96.1	10,535
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.10	11,505	95.8	11,020
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.40	10,238	91.1	9,324
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.36	10,183	92.6	9,434
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.43	10,347	93.5	9,670
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.54	10,488	96.0	10,073
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.72	10,791	94.2	10,164
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.14	11,519	95.8	11,032
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.36	11,940	94.9	11,328
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	6.95	11,279	91.6	10,327
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.08	11,536	95.9	11,061
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	6.93	11,215	97.1	10,891
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.67	10,791	97.0	10,467
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	6.75	10,926	97.8	10,688
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.11	11,549	99.0	11,438
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	6.96	11,324	99.6	11,284
<b>Ukupno</b>					<b>176,592</b>	<b>95.5</b>	<b>168,736</b>

### Enercon E-138 EP3 HH 111m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.23	11,508	96.2	11,076
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.35	11,961	96.0	11,481
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.69	10,873	91.7	9,968
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.67	10,845	93.1	10,102
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.67	10,857	93.9	10,193
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.77	11,012	96.4	10,617
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.92	11,238	94.6	10,626
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.45	12,122	96.1	11,651
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.58	12,358	95.2	11,759
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.15	11,695	91.9	10,746
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.26	11,914	96.1	11,451
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.13	11,654	97.3	11,336
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.98	11,418	97.2	11,094
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.07	11,568	98.0	11,332
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.31	11,941	99.1	11,828
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.20	11,797	99.6	11,755
Ukupno					<b>184,763</b>	<b>95.8</b>	<b>177,014</b>

### GE 3.8 - 130 HH 85m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	6.96	11,112	96.2	10,692
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.13	11,657	95.8	11,172
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.43	10,247	91.0	9,322
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.41	10,206	92.8	9,470
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.47	10,364	93.5	9,692
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.57	10,510	95.9	10,084
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.74	10,836	94.0	10,190
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.18	11,698	95.7	11,192
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.40	12,151	94.8	11,524
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	6.98	11,374	91.5	10,407
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.10	11,654	95.9	11,175
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	6.95	11,309	97.1	10,983
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.71	10,849	97.1	10,531
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	6.79	11,014	97.9	10,780
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.13	11,667	99.1	11,563
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.00	11,430	99.7	11,393
<b>Total</b>					<b>178,079</b>	<b>95.5</b>	<b>170,171</b>

### GE 3.8 - 130 HH 110m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.22	11,577	96.3	11,150
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.35	12,071	96.0	11,591
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.68	10,819	91.5	9,900
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.65	10,781	93.2	10,046
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.66	10,803	93.9	10,140
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.76	10,973	96.3	10,565
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.91	11,233	94.3	10,596
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.45	12,264	96.0	11,771
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.56	12,504	95.1	11,886
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.14	11,751	91.8	10,783
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.26	12,000	96.1	11,531
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.12	11,685	97.3	11,365
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.96	11,404	97.2	11,084
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.06	11,592	98.0	11,358
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.30	12,017	99.1	11,911
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.20	11,850	99.7	11,811
<b>Ukupno</b>					<b>185,322</b>	<b>95.7</b>	<b>177,490</b>

### Nordex N131-3.9MW HH 114m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]		[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.24	11,814	96.2	11,367
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.37	12,330	95.9	11,830
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.69	11,081	91.0	10,088
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.67	11,052	93.0	10,275
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.67	11,064	93.7	10,366
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.77	11,242	96.3	10,821
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.93	11,506	94.1	10,823
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.46	12,498	95.9	11,989
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.58	12,771	95.0	12,130
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.15	12,008	91.4	10,980
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.27	12,278	96.0	11,786
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.13	11,954	97.2	11,621
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.98	11,689	97.1	11,355
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.08	11,870	97.9	11,622
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.31	12,284	99.1	12,171
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.22	12,147	99.7	12,108
<b>Ukupno</b>					<b>189,589</b>	<b>95.6</b>	<b>181,332</b>

### Nordex N131-3.9MW HH 120m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.27	11,854	96.2	11,406
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.39	12,345	96.0	11,846
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.72	11,136	91.1	10,145
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.70	11,106	93.0	10,330
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.70	11,119	93.7	10,423
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.79	11,291	96.3	10,871
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.94	11,545	94.1	10,864
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.47	12,519	95.9	12,012
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.60	12,790	95.0	12,150
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.16	12,027	91.5	11,001
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.28	12,309	96.0	11,817
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.15	12,003	97.2	11,670
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	7.00	11,734	97.1	11,399
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.11	11,933	97.9	11,686
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.33	12,327	99.1	12,215
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.24	12,188	99.7	12,148
<b>Ukupno</b>					<b>190,227</b>	<b>95.6</b>	<b>181,983</b>



### Senvion 3.4M140 HH 110m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.22	11,403	96.1	10,958
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.35	11,882	95.8	11,387
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.68	10,894	91.5	9,973
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.65	10,874	93.0	10,113
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.66	10,892	93.7	10,209
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.76	11,018	96.2	10,604
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.91	11,217	94.4	10,590
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.45	12,015	95.9	11,528
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.56	12,232	95.0	11,619
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.14	11,659	91.7	10,694
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.26	11,875	96.0	11,400
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.12	11,602	97.2	11,275
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.96	11,402	97.1	11,070
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.06	11,545	97.9	11,305
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.30	11,872	99.0	11,758
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.20	11,760	99.6	11,719
<b>Ukupno</b>					<b>184,142</b>	<b>95.7</b>	<b>176,203</b>

### Senvion 3.4M140 HH 130m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.44	11,728	96.2	11,286
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.53	12,124	96.0	11,640
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.89	11,290	92.0	10,384
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.86	11,250	93.3	10,498
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.84	11,228	94.0	10,557
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.93	11,331	96.5	10,932
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	7.07	11,517	94.7	10,905
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.61	12,230	96.1	11,753
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.70	12,416	95.2	11,817
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.27	11,861	92.0	10,912
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.39	12,080	96.1	11,615
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.28	11,857	97.3	11,533
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	7.15	11,716	97.2	11,387
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.24	11,828	98.0	11,588
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.44	12,082	99.1	11,968
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.35	11,995	99.6	11,953
<b>Ukupno</b>					<b>188,532</b>	<b>95.8</b>	<b>180,728</b>

### Siemens Gamesa 3,6 - 130, HH 85 m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnj a el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	6.96	10,969	96.0	10,527
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.13	11,501	95.5	10,986
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.43	10,156	89.9	9,132
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.41	10,119	92.3	9,344
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.47	10,271	93.2	9,573
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.57	10,406	95.8	9,972
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.74	10,715	93.4	10,011
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.18	11,531	95.6	11,025
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.40	11,967	94.7	11,331
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	6.98	11,231	90.9	10,205
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.10	11,501	95.6	10,999
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	6.95	11,169	97.0	10,839
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.71	10,734	96.9	10,402
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	6.79	10,891	97.7	10,643
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.13	11,513	99.0	11,402
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.00	11,289	99.7	11,252
<b>Ukupno</b>					<b>175,966</b>	<b>95.2</b>	<b>167,644</b>

### Siemens Gamesa 3,6 - 130, HH 115 m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.28	11,527	96.1	11,076
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.39	11,980	95.7	11,470
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.74	10,826	90.6	9,809
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.71	10,785	92.8	10,011
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.70	10,784	93.6	10,096
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.80	10,948	96.2	10,536
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.95	11,200	93.8	10,509
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.47	12,107	95.9	11,613
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.62	12,389	95.0	11,765
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.18	11,650	91.2	10,625
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.28	11,889	95.9	11,400
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.16	11,610	97.2	11,285
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	7.01	11,369	97.1	11,034
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.11	11,535	97.8	11,286
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.34	11,922	99.0	11,808
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.24	11,772	99.7	11,733
<b>Ukupno</b>					<b>184,295</b>	<b>95.5</b>	<b>176,056</b>

**Vestas V136 – 4.0 sa povećanjem 4.2 , NH 105 m**

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.17	13,017	96.3	12,534
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.30	13,545	96.0	12,997
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.63	11,995	91.3	10,954
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.60	11,930	93.2	11,116
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.63	12,011	93.9	11,275
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.73	12,233	96.3	11,779
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.87	12,527	94.2	11,805
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.39	13,717	96.0	13,165
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.54	14,071	95.1	13,378
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.11	13,136	91.7	12,048
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.21	13,402	96.1	12,874
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.09	13,076	97.3	12,720
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.90	12,667	97.2	12,309
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.00	12,869	98.0	12,607
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.26	13,457	99.1	13,338
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.16	13,225	99.7	13,183
<b>Ukupno</b>					<b>206,878</b>	<b>95.7</b>	<b>198,081</b>

**Vestas V136 4.0 sa povećanjem 4.2 , NH 112 m**

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.24	13,174	96.3	12,689
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.37	13,674	96.0	13,130
T 3	6,588,368	4,747,254	1,400	6.70	12,177	91.5	11,139
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.68	12,127	93.3	11,316
T 5	6,589,015	4,747,589	1,420	6.68	12,155	94.0	11,424
T 6	6,589,279	4,746,932	1,430	6.78	12,353	96.4	11,906
T 7	6,588,589	4,746,613	1,440	6.93	12,675	94.3	11,957
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.46	13,880	96.1	13,332
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.59	14,180	95.1	13,491
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.15	13,241	91.8	12,156
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.26	13,517	96.1	12,993
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.14	13,198	97.3	12,844
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	6.99	12,862	97.2	12,504
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.08	13,061	98.0	12,800
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.31	13,575	99.1	13,455
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.22	13,366	99.7	13,324
<b>Ukupno</b>					<b>209,216</b>	<b>95.8</b>	<b>200,461</b>

# Nordex N 149 – 4,9MW, NH 125 m

VTG	Koordinate (UTM WGS84 Zone:33)		Visina	Srednja brzina vjetra na visini glavčine	bruto proizvodnja el. energije	Efekti zavjetrine	Bruto proizv. el. energije uključujući efekte zavjetrine
	Istočno	Sjeverno					
	[m]	[m]					
T 1	6,587,981	4,747,941	1,423	7.39	14,986	96.6	14,470
T 2	6,588,158	4,747,580	1,430	7.49	15,525	97.5	15,133
T 4	6,588,775	4,747,692	1,419	6.82	14,135	97.0	13,708
T 8	6,591,071	4,746,608	1,550	7.57	15,671	96.0	15,051
T 9	6,591,490	4,746,533	1,600	7.68	15,976	94.9	15,168
T 10	6,591,863	4,746,424	1,593	7.24	15,090	91.2	13,762
T 11	6,591,813	4,745,905	1,592	7.35	15,400	95.8	14,759
T 12	6,592,183	4,745,809	1,600	7.23	15,070	97.1	14,640
T 13	6,592,544	4,745,625	1,600	7.10	14,826	97.0	14,374
T 14	6,592,765	4,745,380	1,610	7.20	15,033	97.8	14,699
T 15	6,593,059	4,744,674	1,649	7.41	15,447	99.0	15,286
T 16	6,593,383	4,744,502	1,660	7.31	15,265	99.6	15,211
<b>Ukupno</b>					<b>182,423</b>	<b>96.6</b>	<b>176,263</b>