



Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne
sirovine AP Vojvodine

ATLAS VETROVA AP VOJVODINE - studija -

Prof. Dr Vladimir Katić

**Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad**



Istraživački tim

- **Prof. dr Vladimir Katić**, FTN, NS - nosilac projekta
- **Zlatica Popov, dipl.meteor.**, RHMTZ-MO, NS - glavni obrađivač
- Zoltan Čorba, FTN, NS
- mr Boris Dumnić, FTN, NS
- mr Vlado Porobić, FTN, NS
- Albert Ruman, dipl.fiz.met., RHMTZ-MO, NS
- Vesna Nenadov, dipl.met., RHMTZ-MO, NS
- Belić Dana, met.teh., RHMTZ-MO, NS
- Ivanković Damjan, inž.geod., Geod. Zav., NS
- Drašković Mijomir, dipl.met, RHMTZ, BG

Stručni konsultanti:

Prof. dr Borivoj Rajković, Fizički fak., BG

Prof. dr Nikos Hatziargyriou, NTUA, Atina, Grčka

Potpuk. Nikola Babić, dipl.ing.geod., VGI, BG

Sadržaj:

- Energija vetra u Evropi
- Energija vetra i vetroelektrane (tehnologija)
- Energetska politika u Srbiji i Vojvodini
- Geografija i klima Vojvodine
- Istraživanje energije vetra u Srbiji i Vojvodini
- Metodologija izrade mape vetrova
- Atlas vetrova Vojvodine
- Potencijali za korišćenje energije vetra u Vojvodini
- Zaključak

Energija vetra u Evropi

EU direktiva iz 2001:

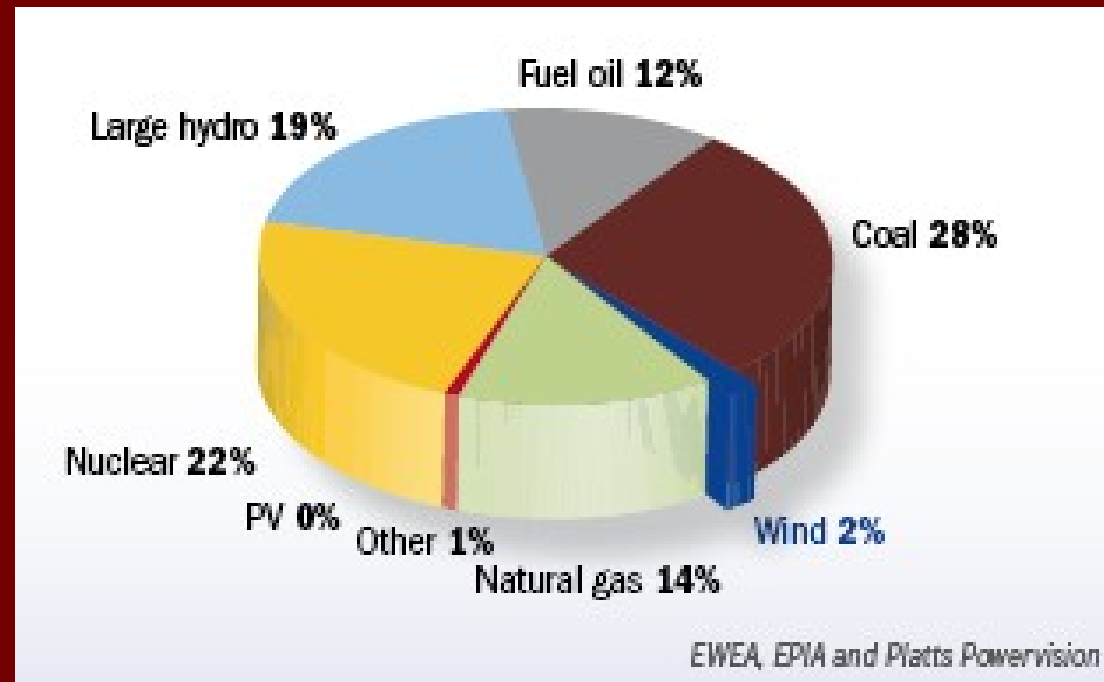
Povećati udeo OIE sa 6% 1998. na 12% ukupne potrošnje energije, odnosno na 22% u proizvodnji el. energ. do **2010.**

Očekivani efekti:

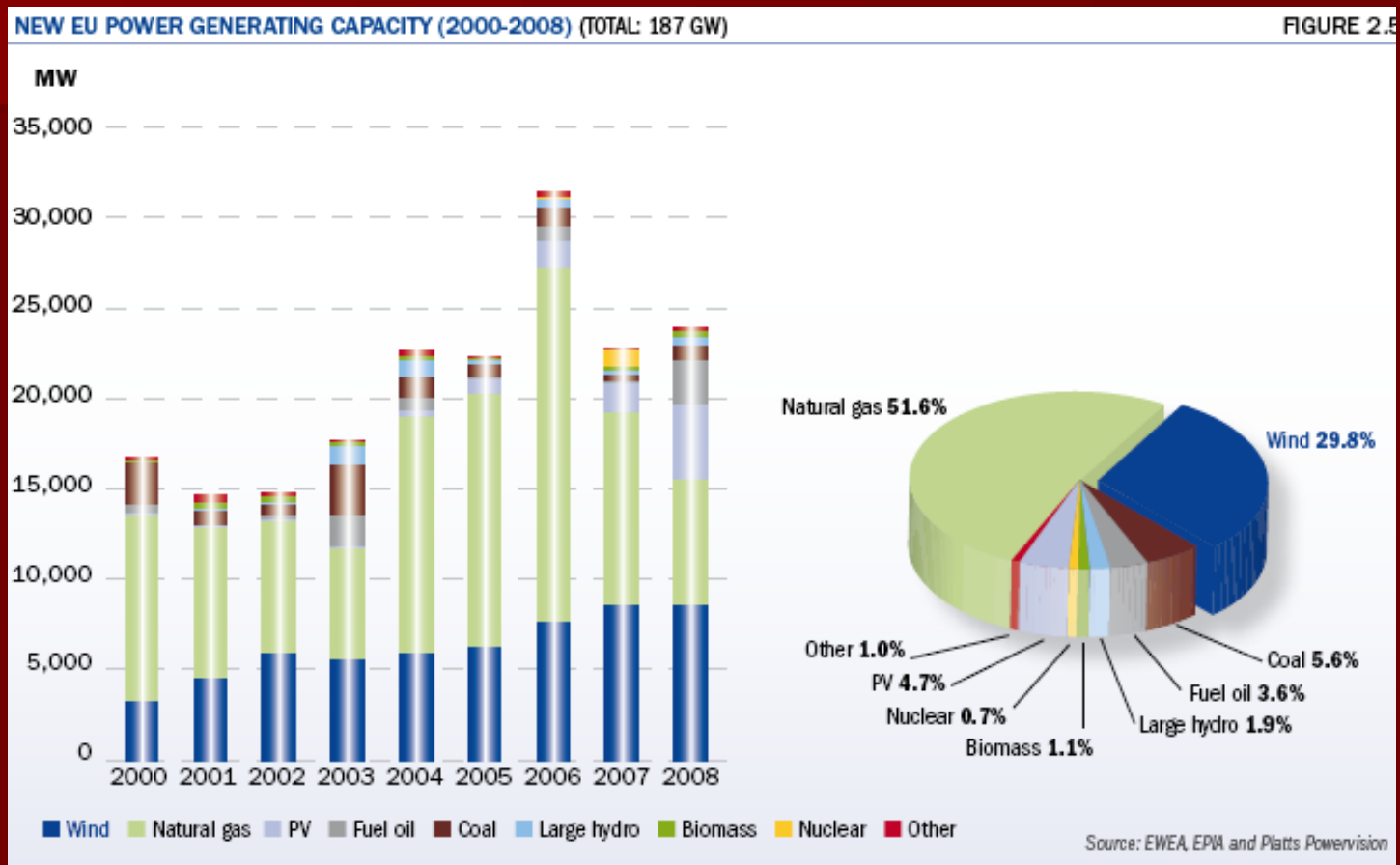
Smanjenje CO2 emisije za oko 402 mil. tona (1997)

Smanjenje uvoza nafte do 17,4% (1994)

500.000 novih poslova!



Energija vetra u Evropi



Najviše novih izvora u periodu 2000-08. na gas (83,6 GW), vetar (55,3 GW) i PV (8,8 GW).

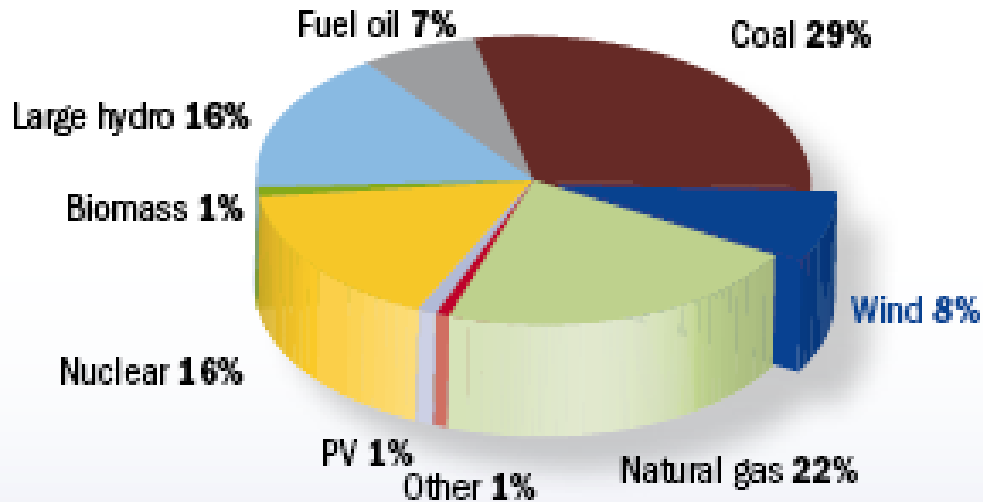
Vetar je glavni energent za OIE većih snaga.

Energija vetra u Evropi

NET INCREASE/DECREASE IN POWER GENERATING TECHNOLOGIES (2000-2008) (TOTAL INCREASE: 123 GW)

FIGURE 2.

MW
100,000



Source: EWEA, EPIA and Platts Powervision

Stanje u 2008. god.:

26% kapaciteta za proizvodnju električne energ. je iz OIE (16% velike hidro elek., 8% vetar, 1% solarna i 1% biomasa).

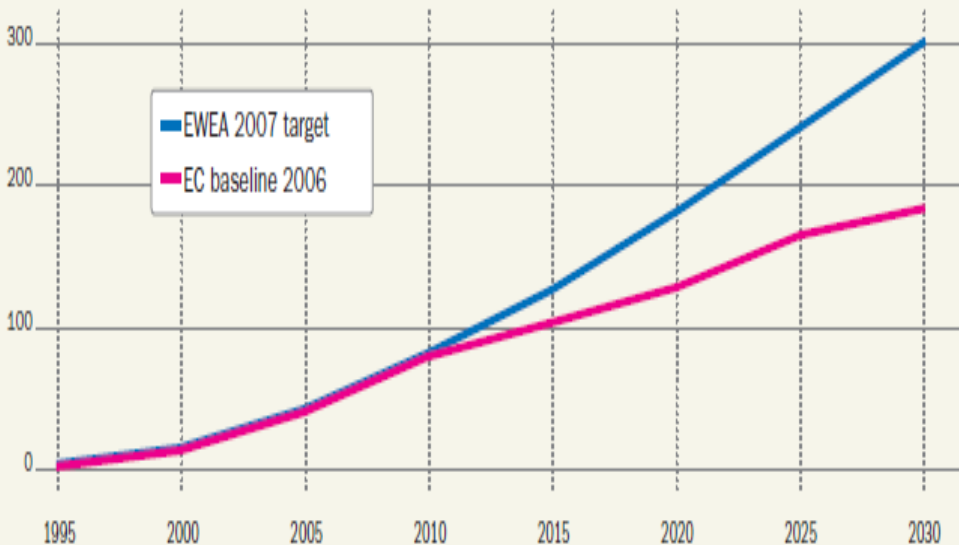
Energija vetra u Evropi

Dec. 2009.
god. :

EU: 74,8 GW

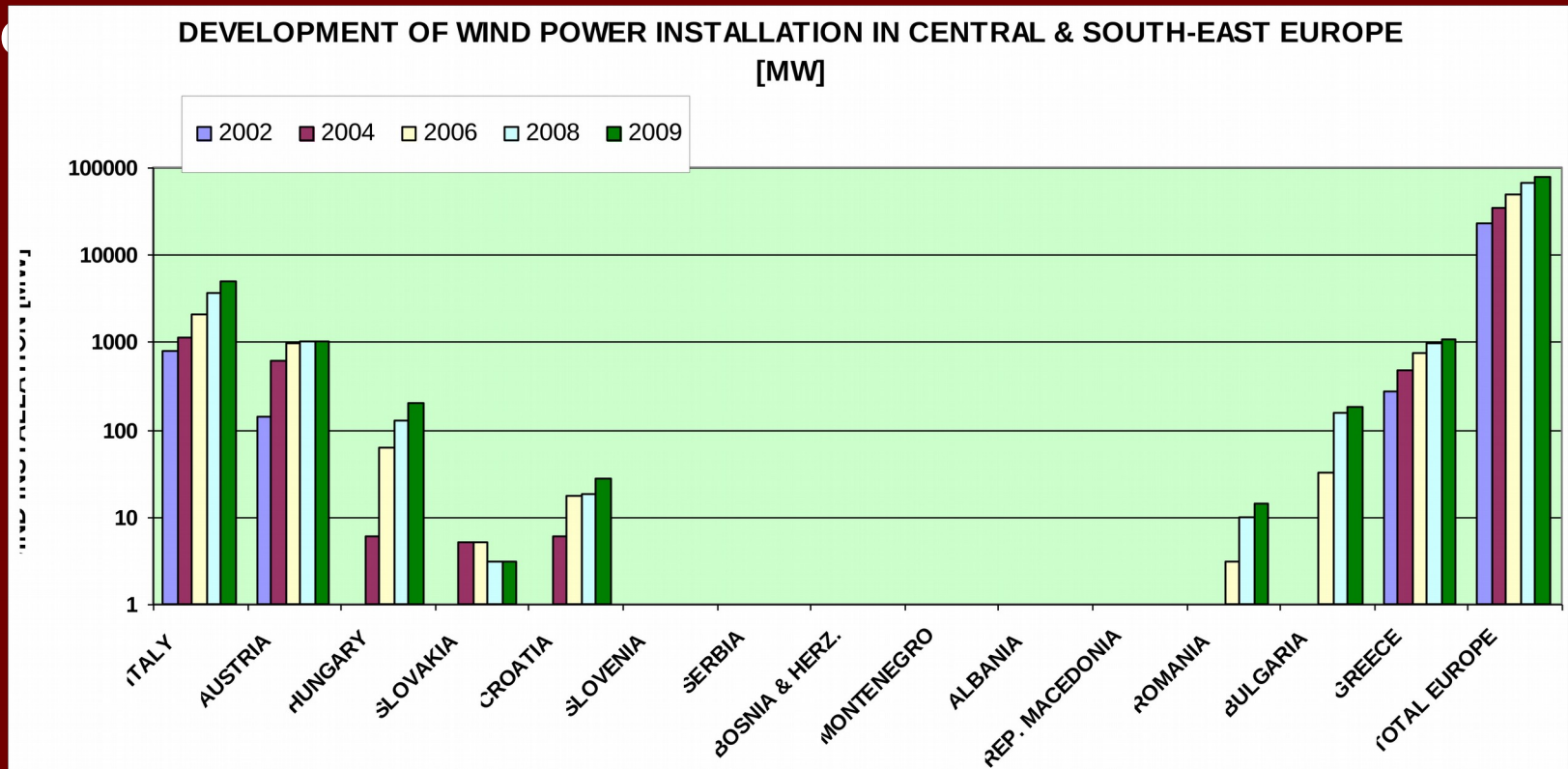
Evropa: 76,15
GW

Wind power installed in Europe by end of 2009 (cumulative)

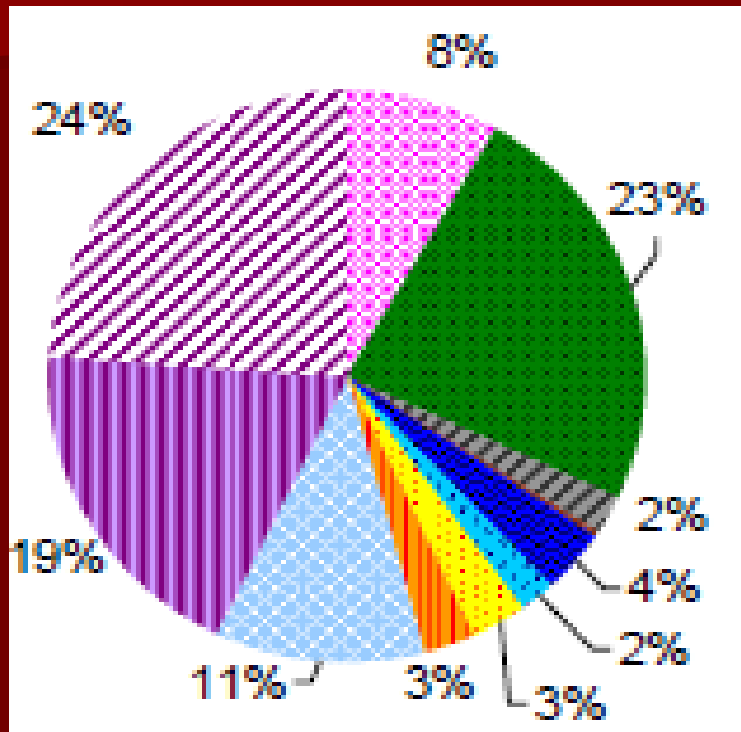


Energija vetra u Evropi

Razvoj instalisanih kapaciteta vetroelektrana u jugoistočnoj i centralnoj Evropi



Energija vetra u Evropi



Projekcije za 2020. god.

Energija vetra (off-shore+on-shore):
24%+19%= **43%**

Kako to postići?

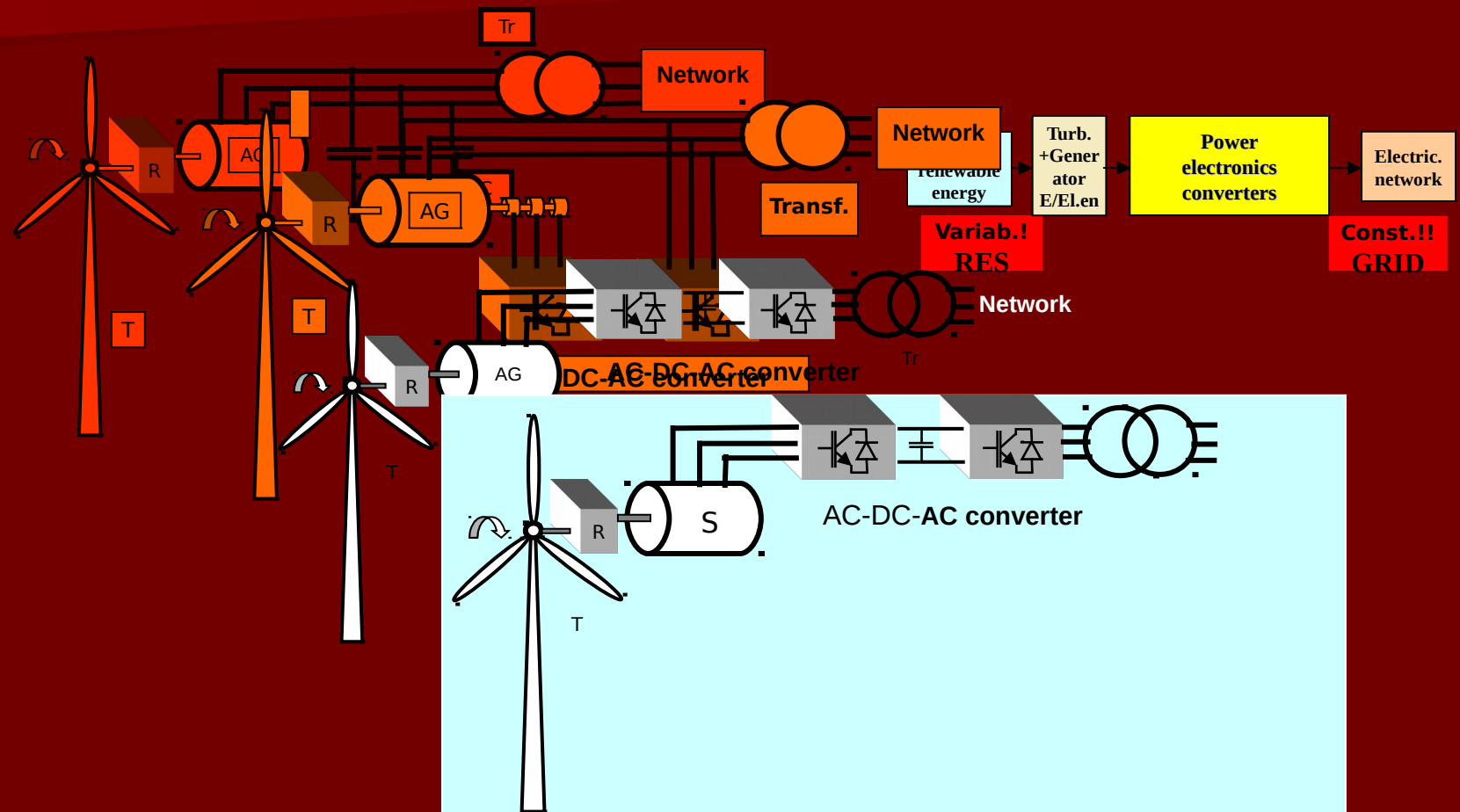
Energija vetra i vetroelektrane (tehnologija)



© EWEA/WINTER

APV-PSEMS-16.03.2010.

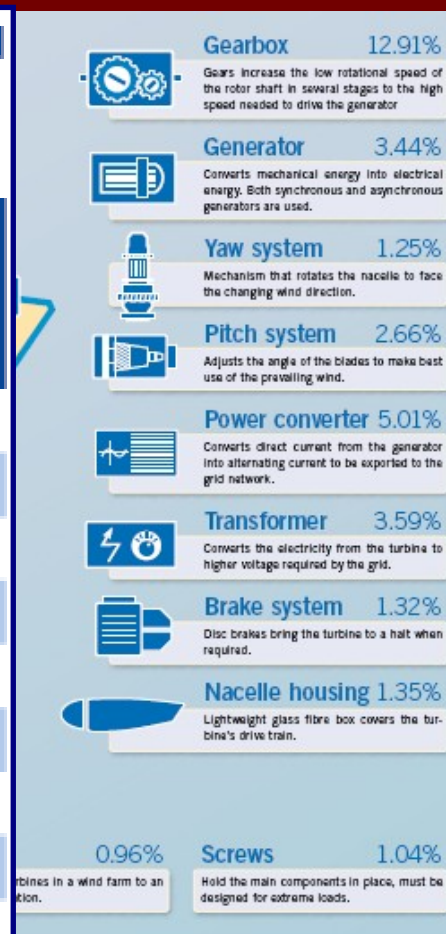
Energija vetra i vetroelektrane (tehnologija)



Energija vetra i vetroelektrane (tehnologija)

TABLE 0.1: Cost structure of a typical 2 MW wind turbine installed in Europe (€²⁰⁰⁶)

	INVESTMENT (€1,000/MW)	SHARE OF TOTAL COST %
Turbine (ex works)	928	75.6
Grid connection	109	8.9
Foundation	80	6.5
Land rent	48	3.9
Electric installation	18	1.5
Consultancy	15	1.2
Financial costs	15	1.2
Road construction	11	0.9
Control systems	4	0.3
TOTAL	1,227	100



Energetska politika u Srbiji i Vojvodini

- Zakon o energetici (2005)
- Strategija razvoja energetike u Republici Srbiji
- Program ostvarivanja strategije (akcioni plan)
- Strategija razvoja energetike u AP Vojvodini
- Program ostvarivanja strategije (2006)
- Savet za OIE – Vetar (2006)
- Uredba o podsticajnim merama (nov.2009)

Geografija i klima Vojvodine

Klima Vojvodine: Umereno kontinentalna:

Temperature: Leta topla ($\sim 23^{\circ}\text{C}$) i zime hladne (-2°C), a proleće i jesen traju kratko

Režim padavina: srednjeevropski, tj. podunavski
Srednja god. vrednost se kreće od $550 - 600 \text{ mm/m}^2$

Vetrovi: uglavnom 4 vetra:
1. "Košava" - hladan i jak vetar, koji u sebi ima veliki energetski potencijal
2. "Severac" - hladan vetar,
3. "Južni" - topli vetar,
4. "Zapadni"



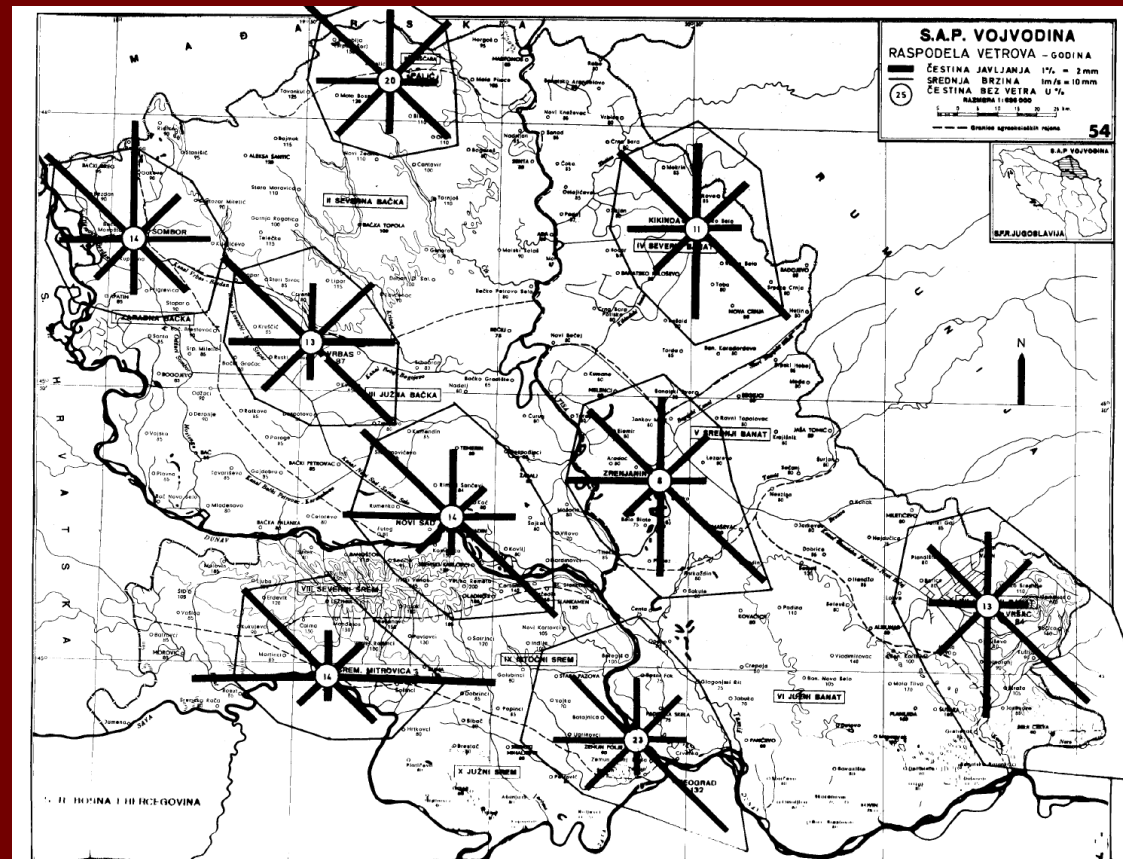
Istraživanje energije vetra u Srbiji i Vojvodini

Stalno praćenje parametara vetra:

“Klima karte Vojvodine”

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

1979.

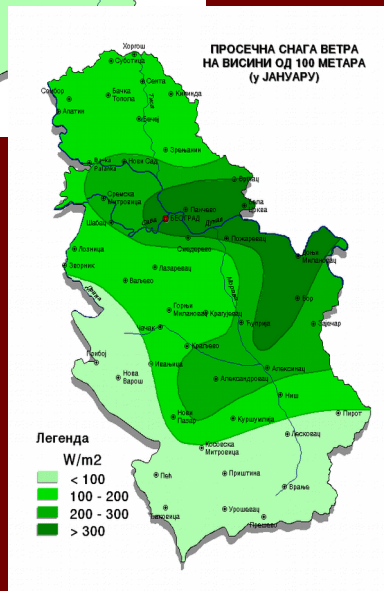
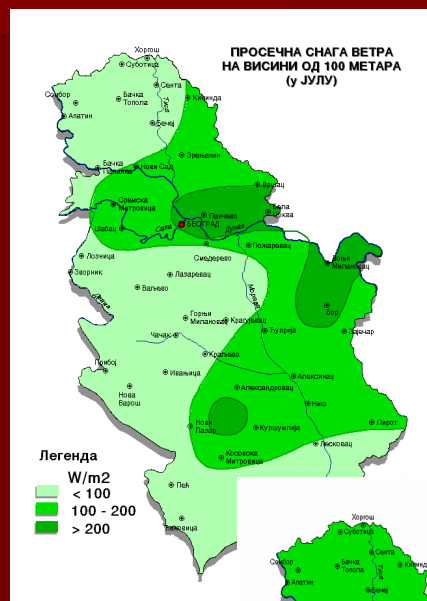


Istraživanje energije vetra u Srbiji i Vojvodini

Projekat
Ministarstva
nauke iz 2004/05

Centar za
multidiscipl.
Studije, Beograd

(javno
predstavljen
2008)



Metodologija izrade mape vetrova

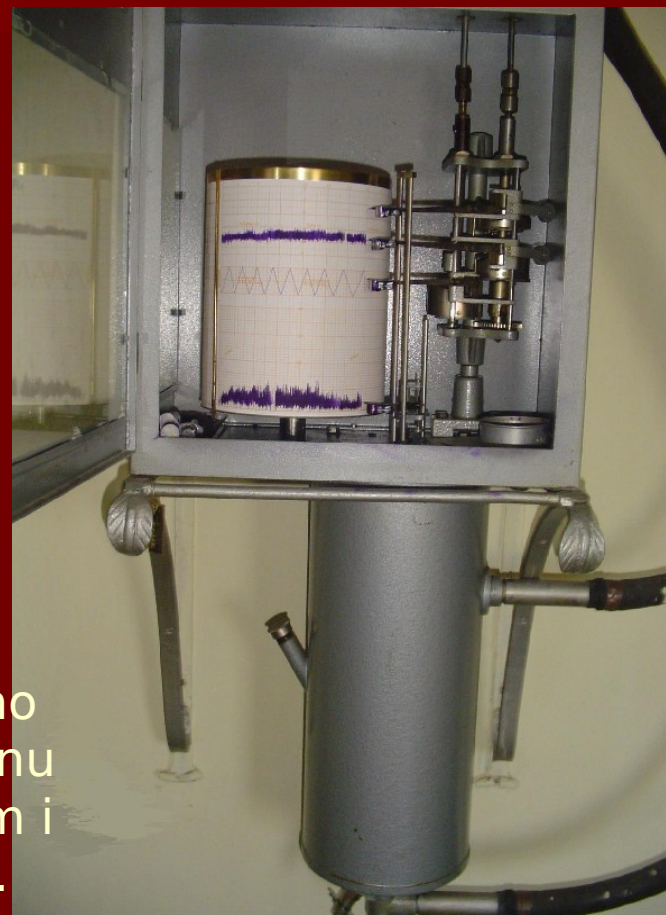
Procena energetskeg potencijala vetra
zahteva:

- Pouzdana meteorološka merenja
- Statističku analizu
- Poznavanje orografije i precizne geometrije okolnog terena
- Metod za ekstrapolaciju vetra

Meteorološka merenja

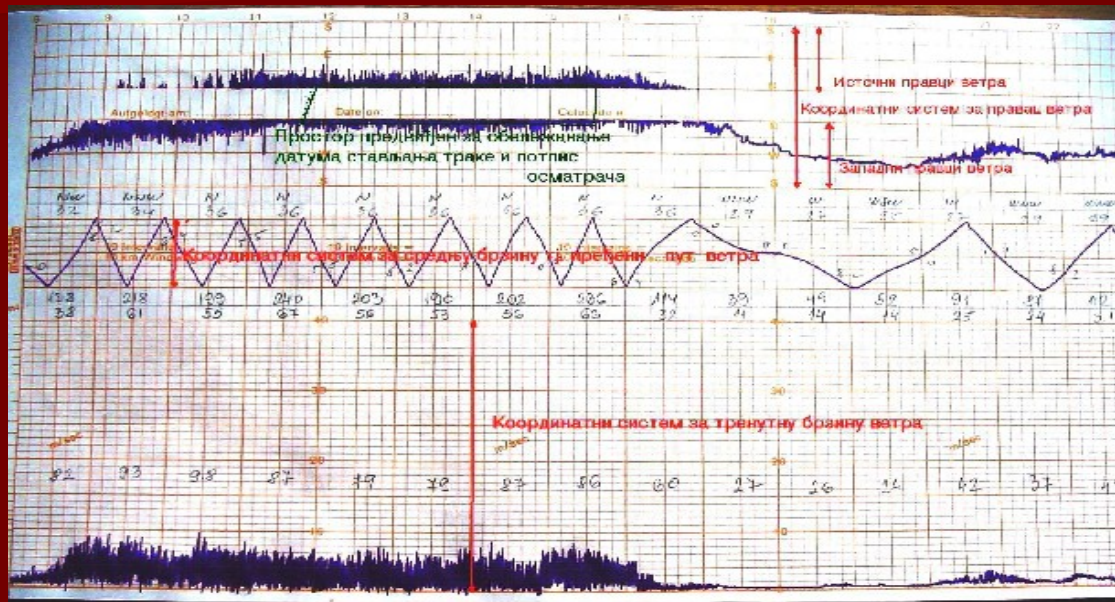


Fusov mehanički anemograf kontinuirano meri pravac, pređeni put i trenutnu brzinu vetra: vetruljom, čašičnim anemografom i uz pomoć Pitoove cevi – tri pera na slici.



Meteorolški podaci

1. Sinoptički uzorak **odstupa** 0-12% najčešće 0-3% u oba smera Razmena na 3 h
2. Satni uzorak **zaostaje** 6-12%



Na primer, najčešće od 7% za R.Šančeva sinoptički uzorak **ZAOSTAJE** 10% za satnim pouzdanije

B.Karlova c	Kikinda	Palić	R.Sančevi	Sr.Mitrovi	Sombor	Vršac	Zrenjani n
42 040	61 325	60 401	61 334	61 189	60 211	60 942	61 269

Statistička analiza

Koristi se dvoparameterska Weibullova raspodela

Funkcija
gustine

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} e^{-(u/A)^k}$$

Kumulativna frekvencija

$$F(u) = e^{-(u/A)^k}$$

Srednja brzina
vetra

$$\bar{u} = A \left[\frac{\Gamma(1 + 1/k)}{\Gamma(1/k)} \right]$$

Gustina snage vetra

$$E = \frac{1}{2} \left[\frac{\Gamma(1 + 3/k)}{\Gamma(1/k)} \right] A^3 + \frac{3}{k} \left[\frac{\Gamma(1 + 2/k)}{\Gamma(1/k)} \right] A^2 \bar{u}$$

Brzina maksimalne
efikasnosti

$$u_m = A \left[\frac{\Gamma(1 + 2/k)}{\Gamma(1/k)} \right]^{1/k}$$

Orografija i precizna geometria okolnog terena

- Orografija
- Koeficijent aerodinamičke hrapavosti terena
- Uključivanje u račun objekata na kojima su postavljeni stubovi koji nose senzore
- Prepreke

Ekstrapolacija vetra

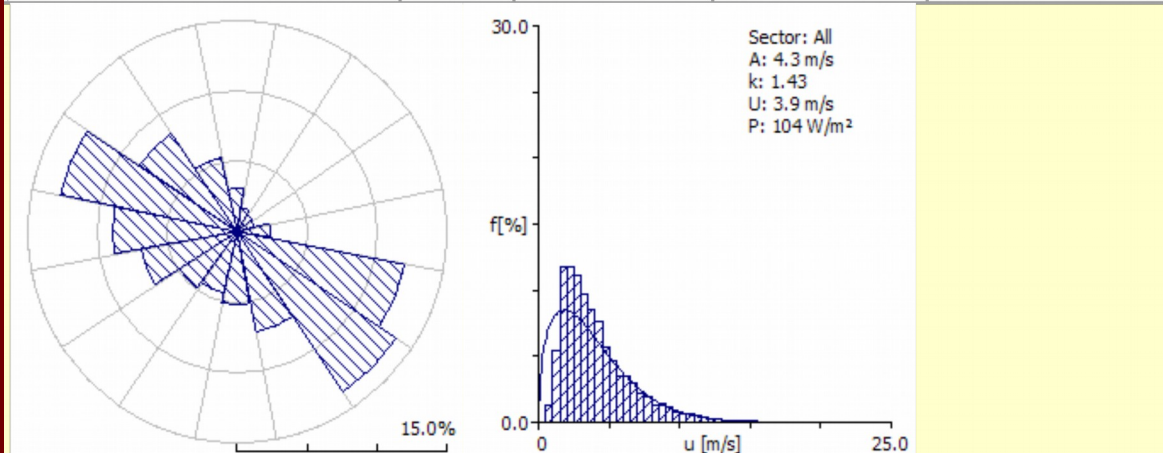
WASP počinje proces ekstrapolacije tek nakon određivanja klimatologije vetra

'BKARLOVAC' Observed Wind Climate

Report produced by WASP OWC Wizard (version 2.0.66), on Wednesday, 29 October, 2008 at 15:41:31

Site description: 'BKARLOVAC'; position: 21.03722°N 45.05556°E; anemometer height: 10 m.

-	Unit	Measured	Weibull-fit	Discrepancy
Mean wind speed	m/s	4.13	3.87	6.29%
Mean power density	W/m ²	104.67	103.51	1.11%



-	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5	Total
A	3.2	2.5	2.4	2.7	3.5	5.8	5.7	5.3	4.4	3.2	3.7	4.0	3.8	4.0	3.9	3.9	4.3
k	1.48	1.73	1.74	1.42	1.20	1.49	1.60	1.87	1.72	1.76	1.90	2.00	1.77	1.77	1.73	1.60	1.43
U	2.91	2.22	2.13	2.47	3.29	5.22	5.15	4.74	3.97	2.83	3.29	3.51	3.37	3.58	3.51	3.53	3.87
P	42	15	13	28	87	238	208	134	86	31	44	51	51	61	60	66	104
Freq	3	2	1	1	2	12	14	7	5	4	5	7	9	13	8	5	100

1. Izbegava pojedinačnu ekstrapolaciju

2. $G = u_{max}$

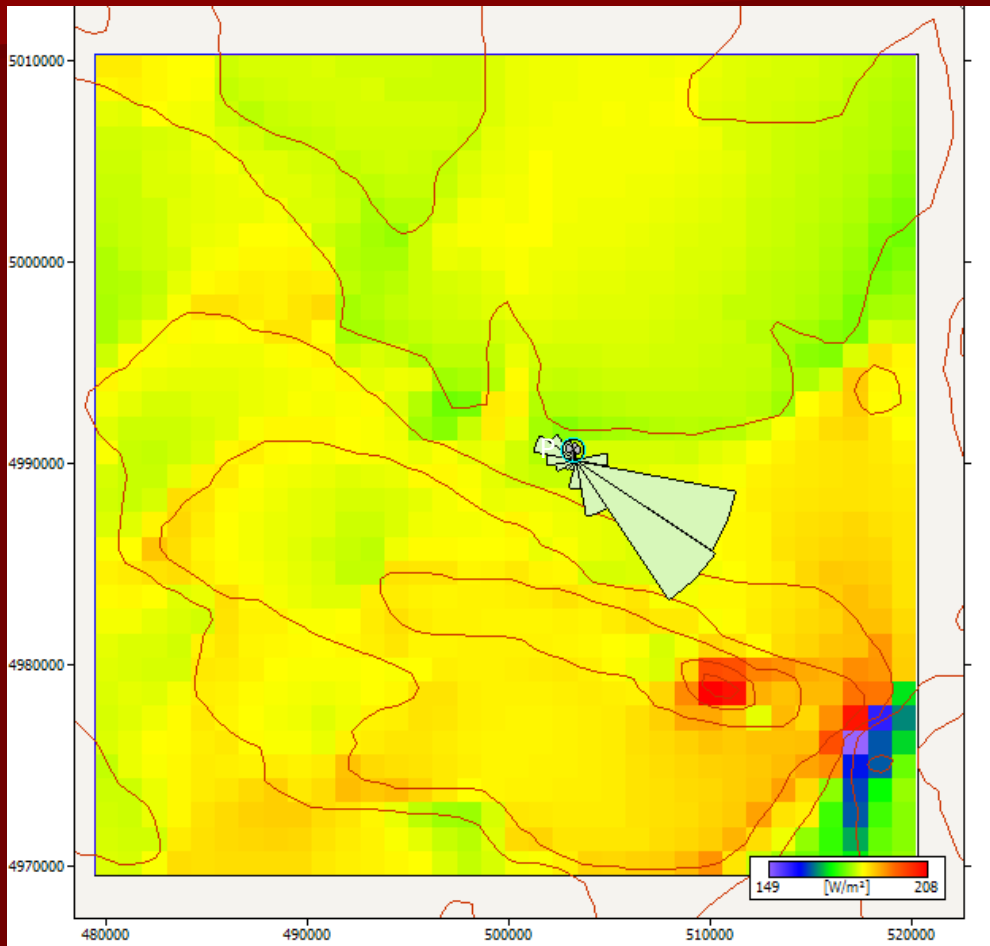
3. Klimatološki fluks toplote koriguje stratifikaciju

Rezultati

Regional wind climate summary

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	6.10	4.19	3.65	2.88
	Weibull k	1.78	1.54	1.55	1.56
	Mean speed U [m/s]	5.43	3.77	3.28	2.58
	Power density E [W/m ²]	213	86	56	27
25.0 m	Weibull A [m/s]	6.68	5.03	4.52	3.80
	Weibull k	1.82	1.64	1.63	1.64
	Mean speed U [m/s]	5.94	4.50	4.04	3.39
	Power density E [W/m ²]	271	134	97	57
50.0 m	Weibull A [m/s]	7.18	5.83	5.31	4.59
	Weibull k	1.87	1.80	1.78	1.76
	Mean speed U [m/s]	6.37	5.19	4.72	4.09
	Power density E [W/m ²]	326	183	140	92
100.0 m	Weibull A [m/s]	7.76	6.90	6.32	5.55
	Weibull k	1.83	1.93	1.95	1.97
	Mean speed U [m/s]	6.89	6.12	5.60	4.92
	Power density E [W/m ²]	422	277	211	141
200.0 m	Weibull A [m/s]	8.52	8.48	7.72	6.73
	Weibull k	1.76	1.89	1.90	1.94
	Mean speed U [m/s]	7.59	7.53	6.85	5.97
	Power density E [W/m ²]	586	528	396	258

Rezultati

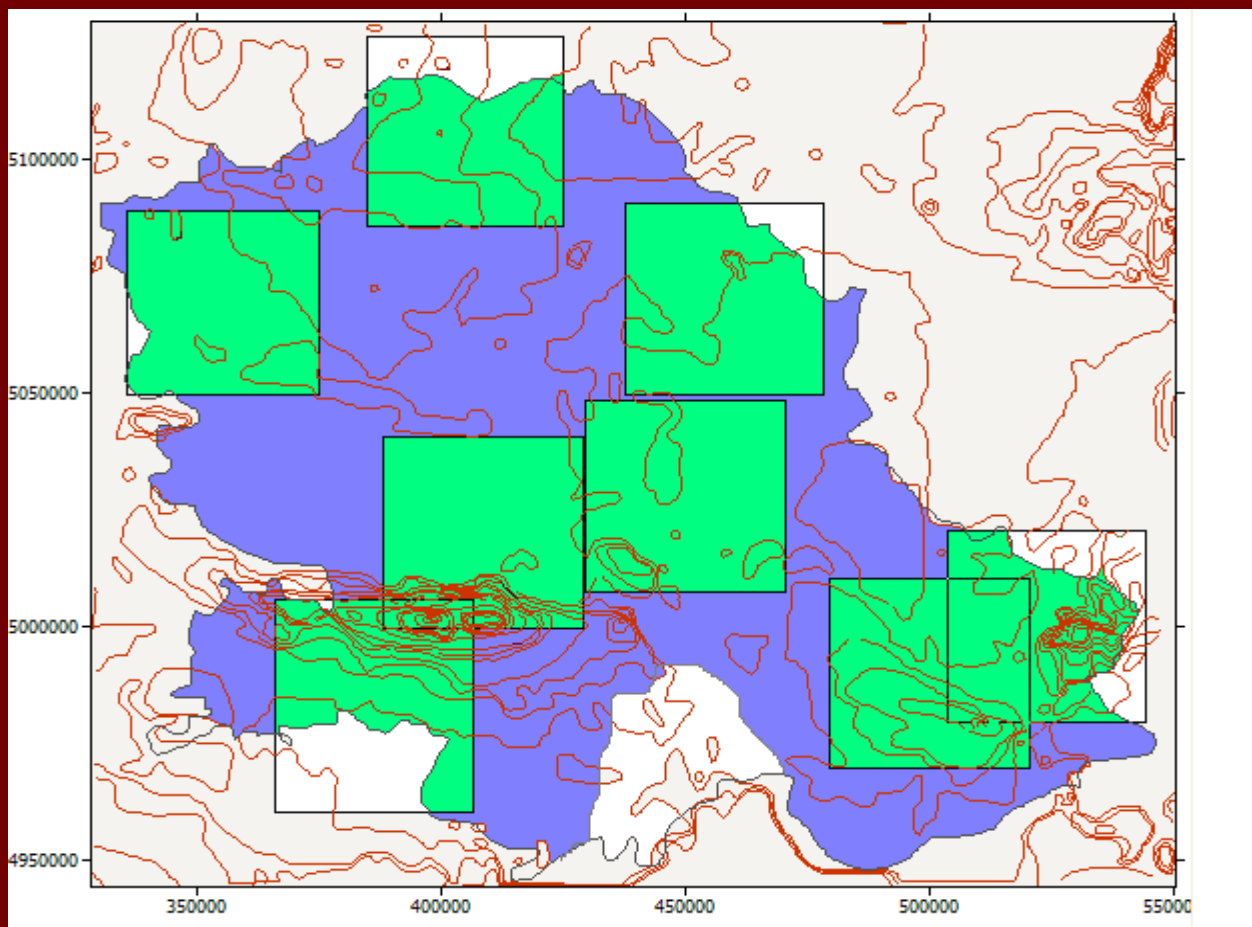


Maximum Value:	208 W/m^2 at (510100.0,4978500.0)
Minimum Value:	149 W/m^2 at (517300.0,4976100.0)
Mean Value:	184 W/m^2

Gustina snage vetra
 W/m^2

Izrada karata za atlas vetra

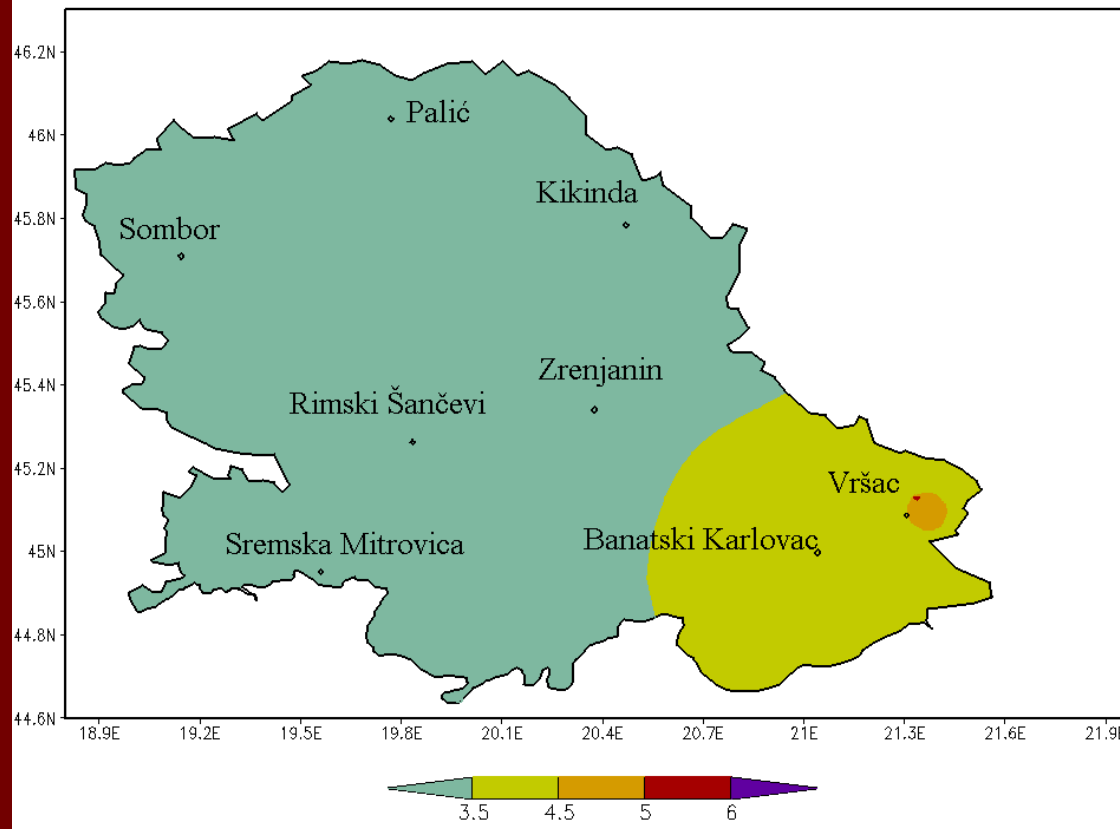
Iz 8 pojedinačnih atlasa vetra metodom interpolacije Kriging u programskom paketu SURFER napravljen je atlas za celu Vojvodinu



Atlas vetrova Vojvodine - brzina vetra 10m -

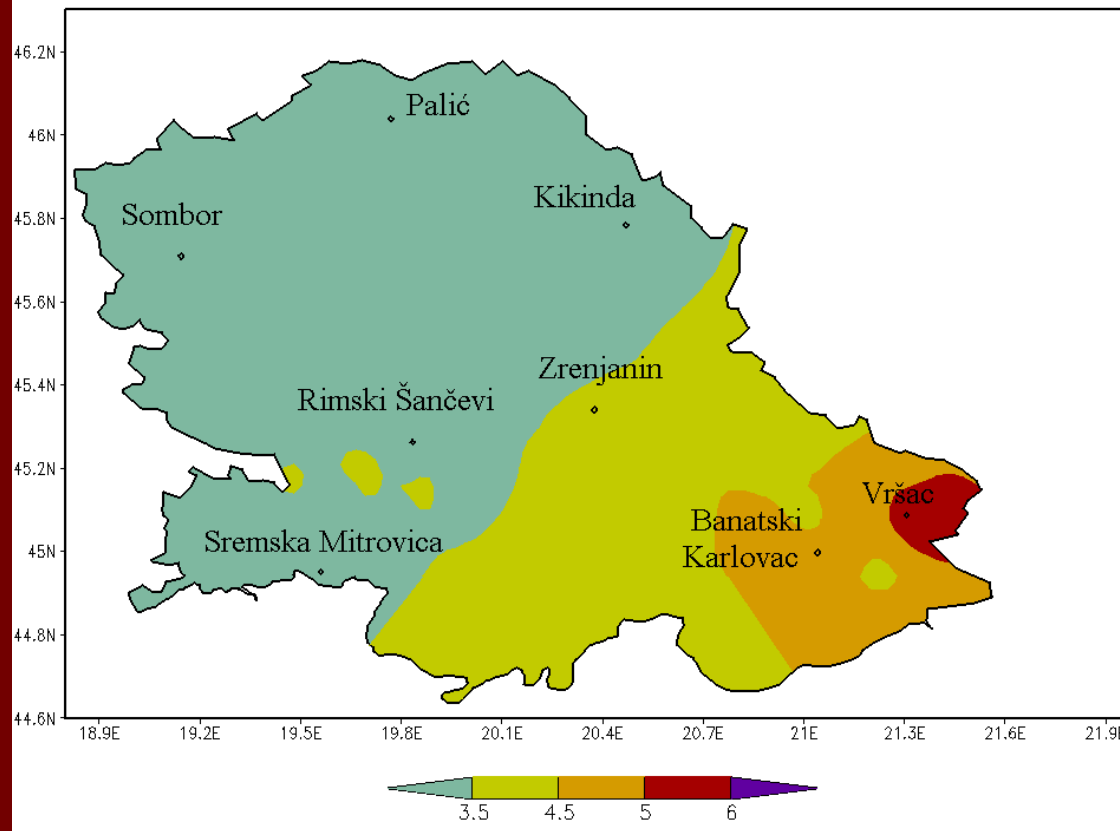
Srednja godišnja brzina vetra na 10m iznad tla.

Korekcija ekspoziture instrumenta WaSP $Z_0=0.03m$



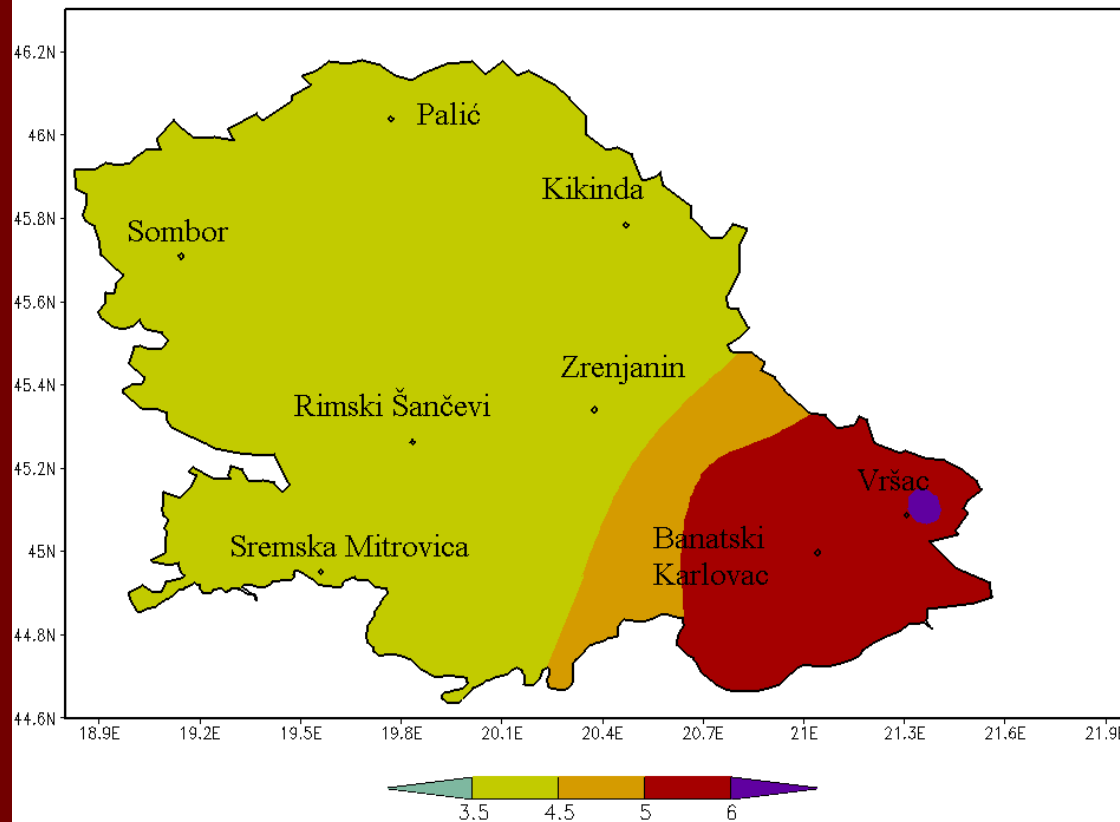
Atlas vetrova Vojvodine - brzina vetra 25m -

Srednja godišnja brzina vetra [m/s] na 25 m iznad tla $Z_0 = 0.03\text{m}$



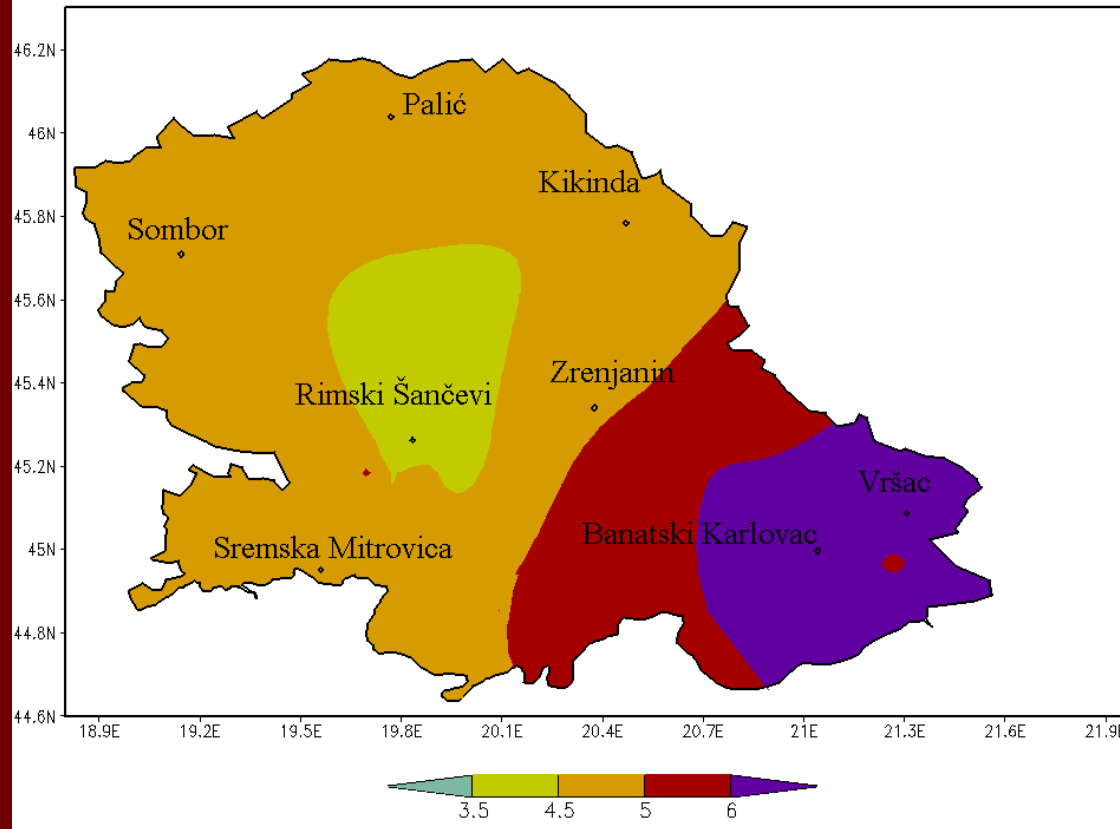
Atlas vetrova Vojvodine - brzina vetra 50m -

Srednja godišnja brzina vetra [m/s] u Vojvodini na 50m iznad tla ($Z_0=0.03m$)



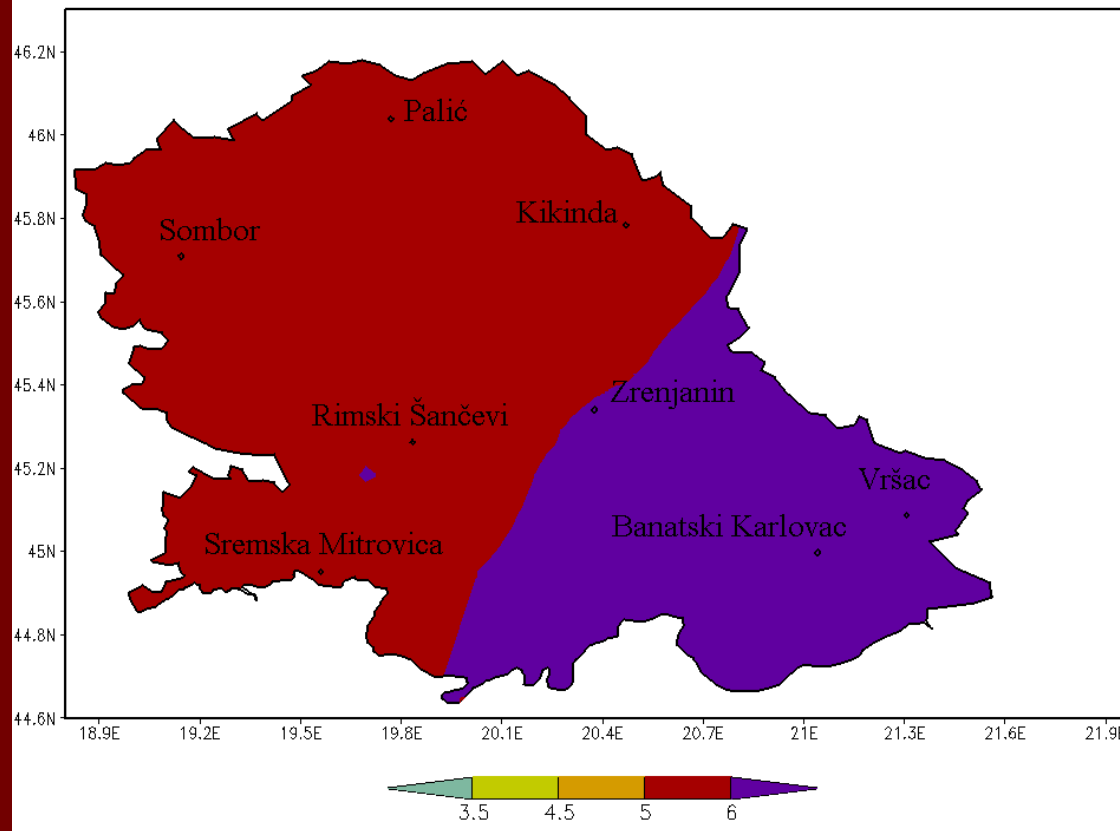
Atlas vetrova Vojvodine - brzina vetra 100m -

Srednja godišnja brzina vetra [m/s] na 100 m iznad tla. $Z_0=0.03m$



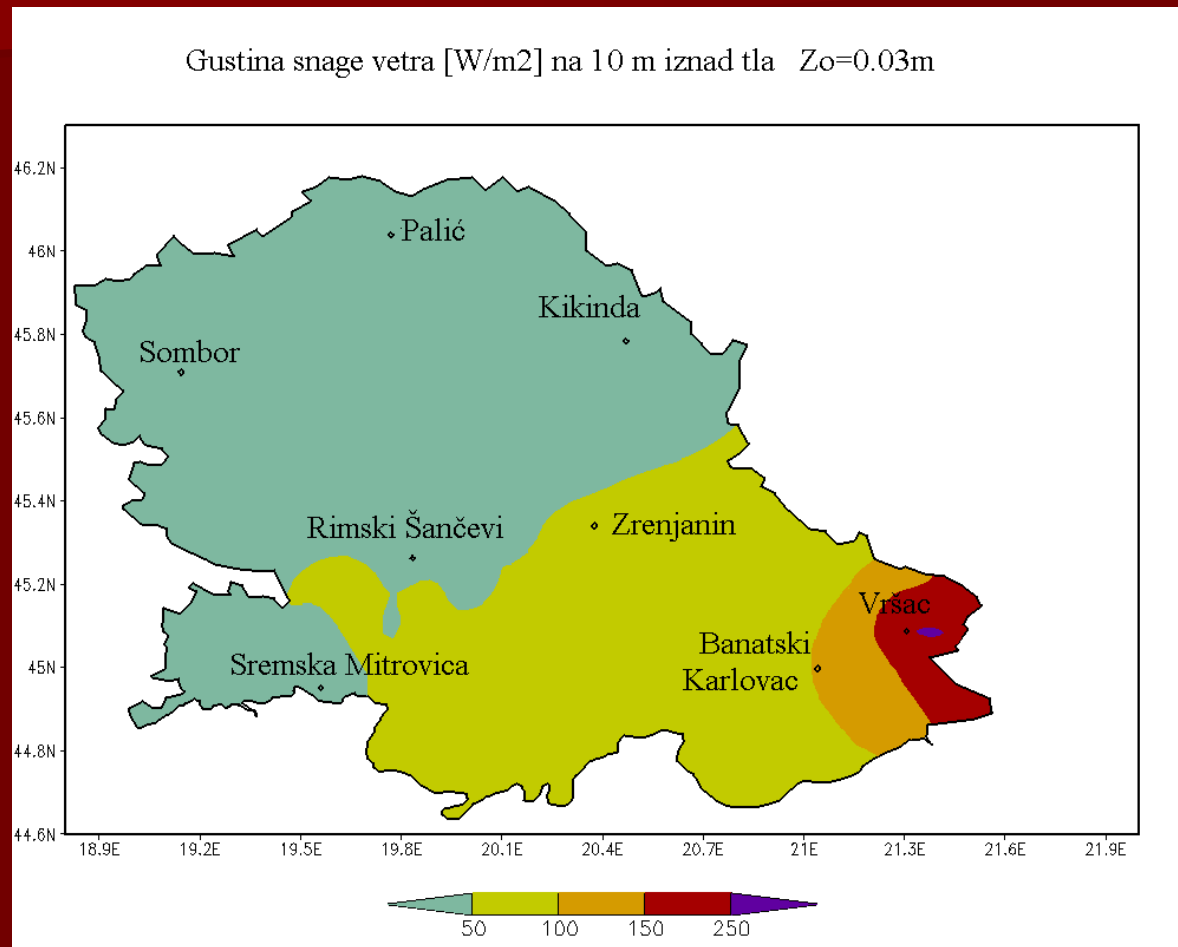
Atlas vetrova Vojvodine - brzina vetra 200m -

Srednja godišnja brzina vetra [m/s] na 200m iznad tla ($Z_0=0.03m$)



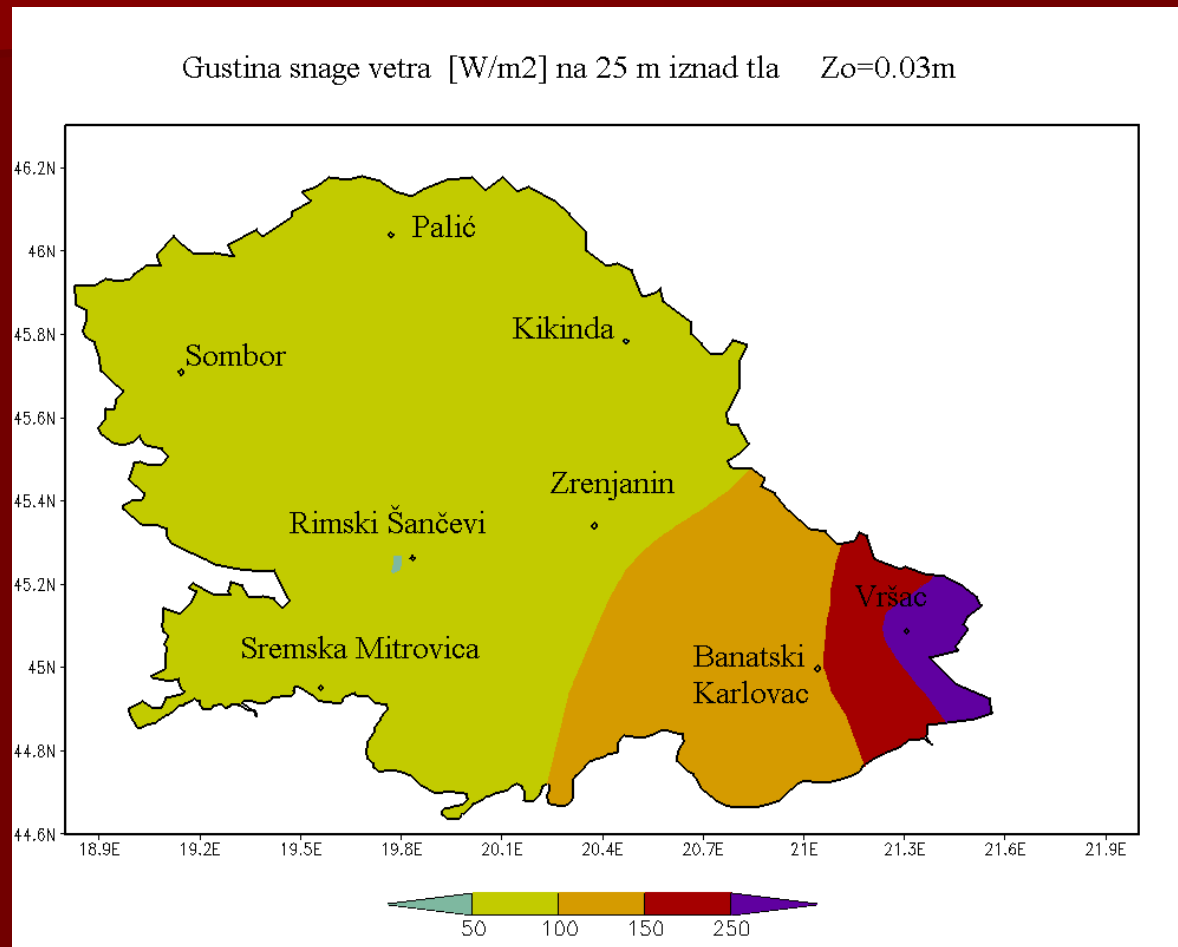
Atlas vetrova Vojvodine

- gustina snage vetra 10m -

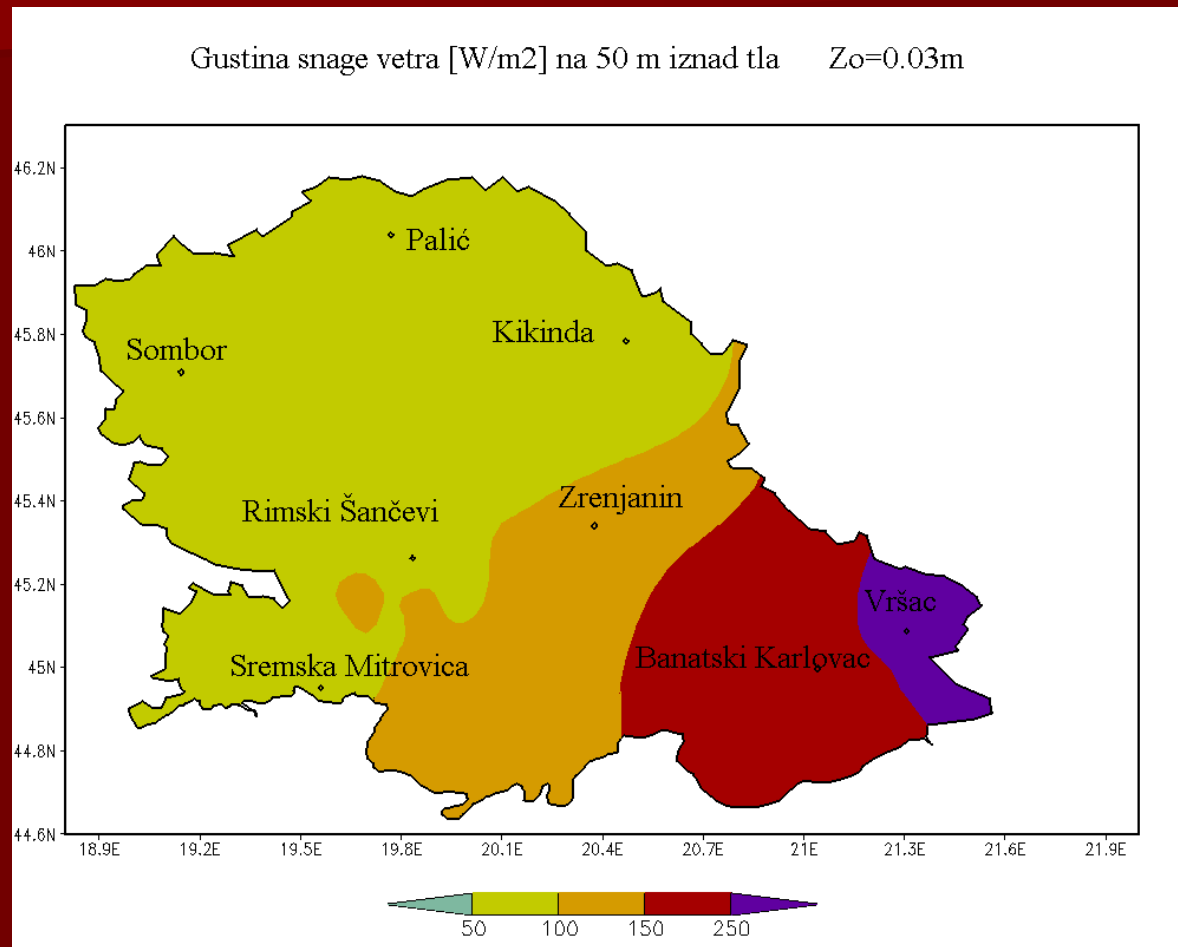


Atlas vetrova Vojvodine

- gustina snage vetra 25m -

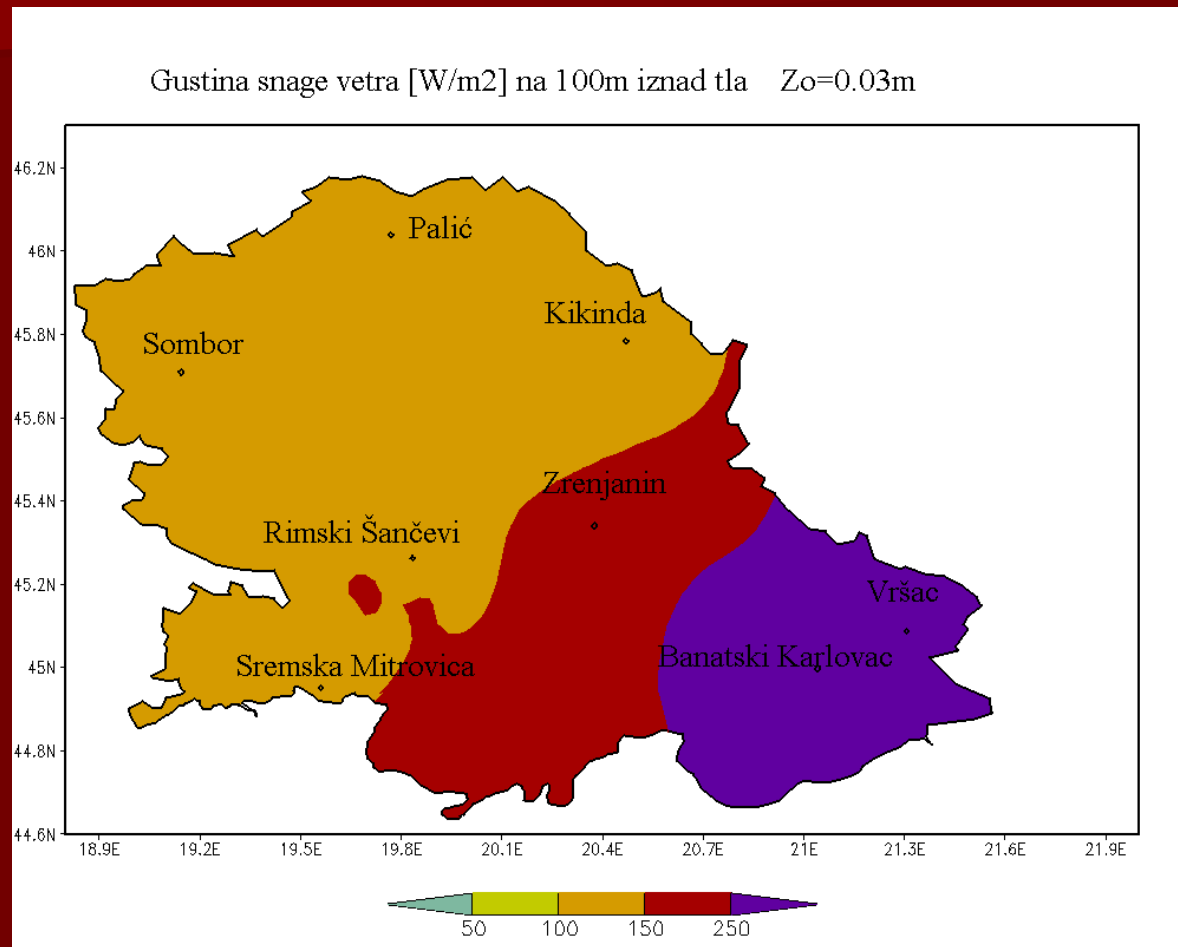


Atlas vetrova Vojvodine - gustina snage vetra 50m -



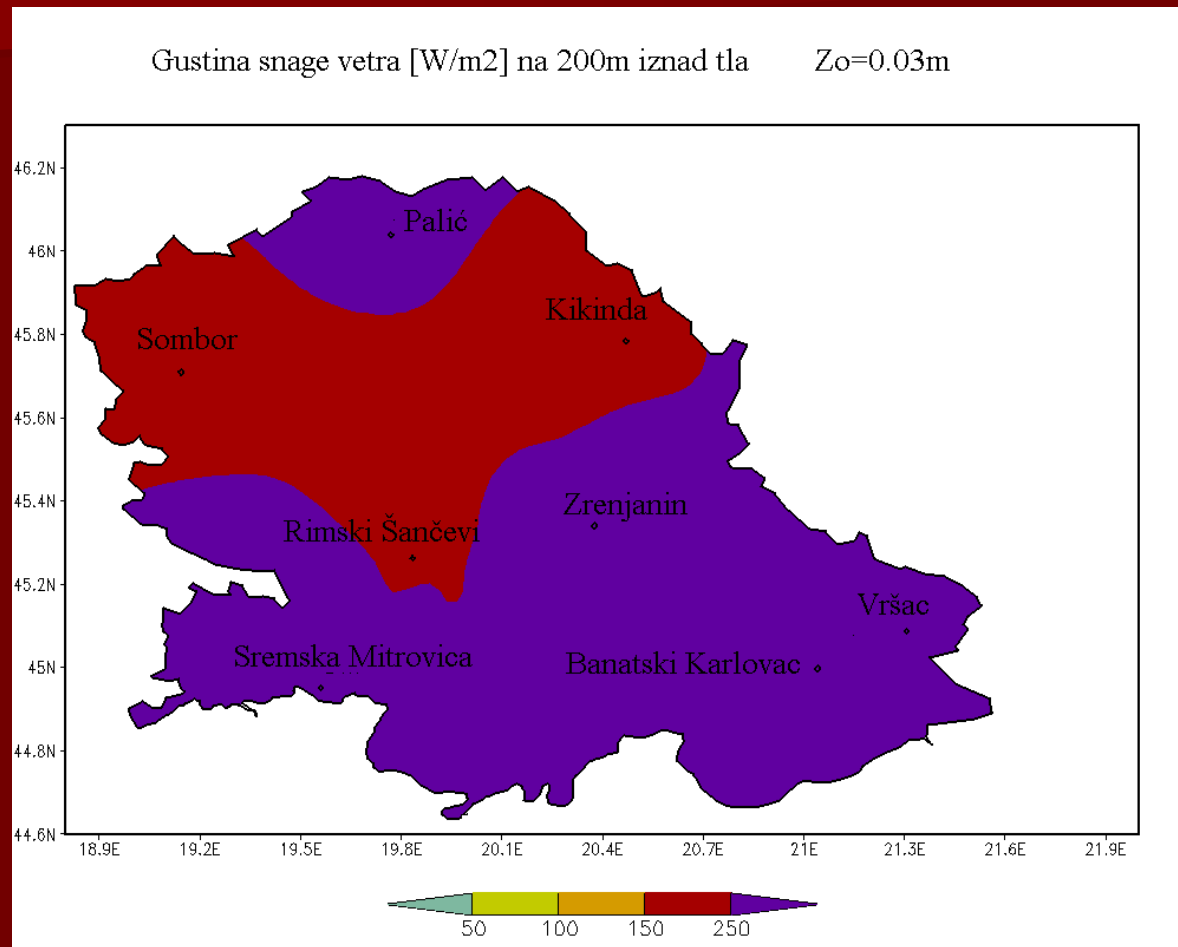
Atlas vetrova Vojvodine

- gustina snage vetra 100m -



Atlas vetrova Vojvodine

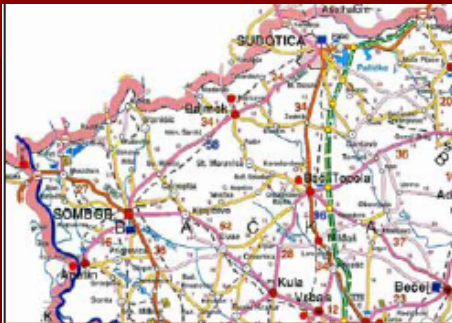
- gustina snage vetra 200m -



Potencijali za korišćenje energije vetra u Vojvodini

- Postoji dobar potencijal vetra
- Postoje odgovarajući organi vlasti i institucije, koji prate i podržavaju razvoj primene OIE
- Postoji razvijena elektroenergetska mreža na svim naponskim nivoima
- Postoji dobra saobraćajna, informaciona i druga infrastruktura
- Postoji prateća industrija, koja već proizvodi delove vetroelektrana
- Postoje obrazovni programi za školovanje visokih stručnjaka u oblasti
- Postoji razvojna Laboratorija za obnovljive izvore električne energije na FTN

Potencijali za korišćenje energije vetra u Vojvodini



Elektrovojvodina

: Potrošnja:
8.794 GWh
TS (110/x, 35/x,
20/x, 10/x ...):
10.259 kom.
8.631,10 MVA
Mreža (400,220
kV): ~600 km i
(110, 20, 0,4
kV): ~25.000 km



Potencijali za korišćenje energije vetra u Vojvodini

1. Dolovo: 48 MW (24 jedinice od 2MW) i proizvodnja od 108-149 MWh/god.
2. Bavanište: I faza: 100 MW (94 jedinice od 1,1 MW) sa ukupnom proizvodnjom od 250 MWh/god.
3. Bela Crkva: I faza: 100 MW

Planirano je ~300MW u Vojvodini.



Zaključak

- Vojvodina ima sve potencijale za eksploataciju energije vetra
- Predviđeno je da se do 2010 god. podigne oko 300 MW
- Poznato je da je već preduzeto niz koraka za podizanje prvih vetroelektrana sa početkom rada u 2010. god. (~200 MW)
- Potrebno je dalje raditi na poboljšanju postojećih rešenja uvažavanjem novih rezultata merenja energije vetra i preciznijim digitalnim mapama Vojvodine



Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne
sirovine AP Vojvodine

HVALA NA PAŽNJI !

Prof. Dr Vladimir Katić

**Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad**

