

9.2 ГЛОБАЛНА ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ВЕТРА У СРБИЈИ

Процена енергетског потенцијала је вршена по два методска приступа. Један приступ је помоћу картографског приказа снаге и енергије ветра, а други помоћу годишњих ходова брзине и снаге, као и ружа смерова ветра и енергије ветра по смеровима, за поједине карактеристичне метеоролошке станице.

У даљем тексту следе коментари мапа и сет мапа. Иза тога следи сет статистичких графика са коментарима уз сваку слику.

МАПЕ СНАГЕ И ЕНЕРГИЈЕ ВЕТРА У СРБИЈИ

Мапе снаге и енергије ветра (9.2.1 до 9.2.6) рађене су за јануар, јул и годину за територију Србије. Методика израде карата је по узору на Европски атлас ветра (СЕС (1989), European Wind Atlas) заснована на синоптичкој климатологији. Утицај топографије је овде укључен само индиректно у оној мери у којој се осећа на подацима мерења, јер мапе одражавају само податке измерене на метеоролошким станицама, које се претежно налазе на малим надморским висинама.

Пошто су мерења ветра на висини од 10m, вредности на висини од 100m изнад тла израчунаване су помоћу једначине профила ветра (Поглавље 3.4.2) и података о рапавости подлоге. Подаци о ветру су из периода 1971 - 90.

На Мапи 9.2.1 приказана је просечна снага ветра (W/m^2) на висини од 100m изнад тла у јануару. Максималне вредности снаге ветра налазе се на територији доњег Подунавља и Источне Србије. Конкретно, у подручју обухваћеном изолинијом $300W/m^2$ налази се Јужни Банат, јужна обала Дунава од Београда до Неготина, и долина Тимока са околним планинама.

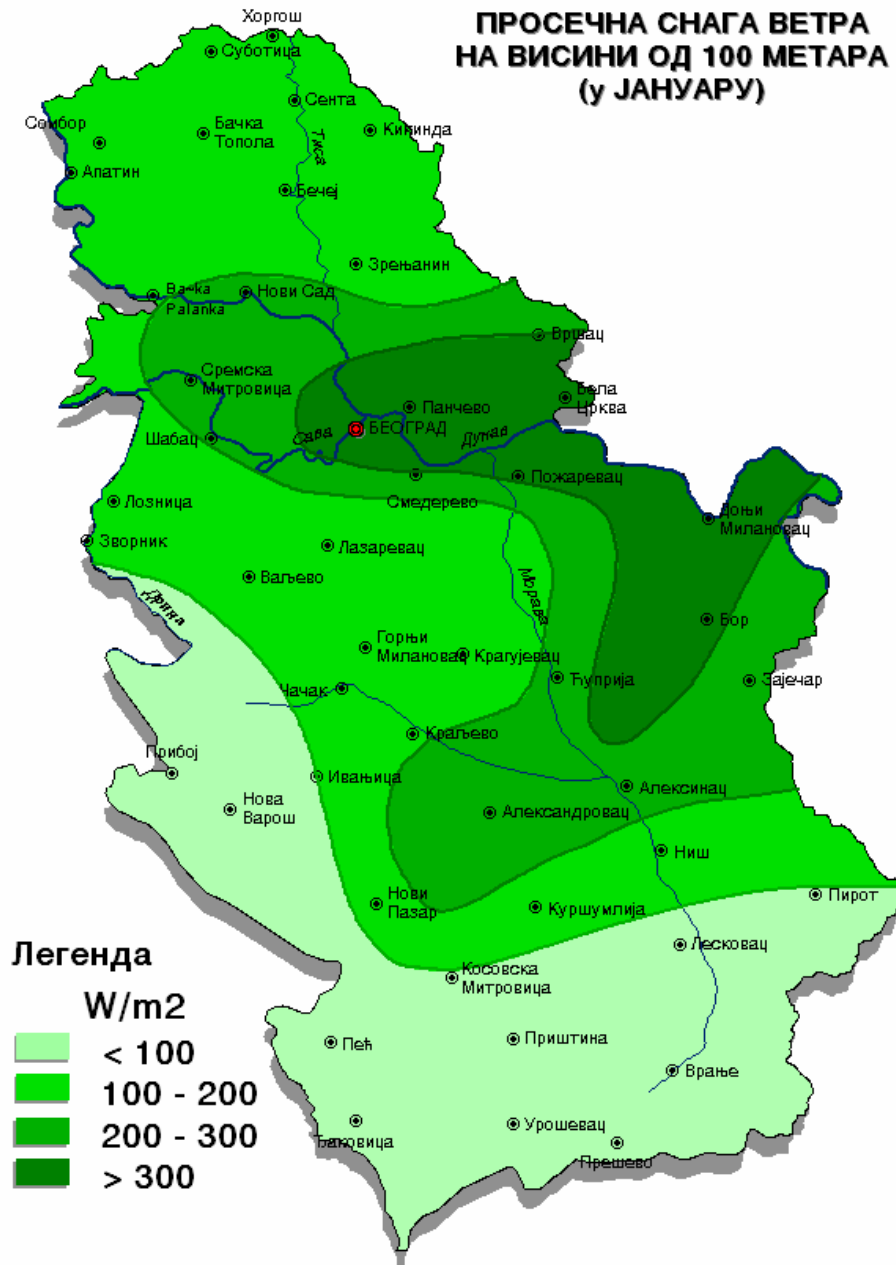
На Мапи 9.2.2 приказана је просечна снага ветра (W/m^2) на висини од 100m изнад тла у јулу. У грубим цртама ситуација је слична јануарској, али су интензитети мањи. Изолинија $200W/m^2$ има сличан ток као $300W/m^2$ у јануару, с тим што се подручје Копаоника издваја по вишим вредностима од своје непосредне околине.

На Мапи 9.2.3 приказана је просечна снага ветра (W/m^2) на висини од 100m изнад тла за годину. Годишња вредност је мања од јануарске, па годишња изолинија $300W/m^2$ не обухвата градове Београд, Пожаревац и Бор, што је случај у јануару.

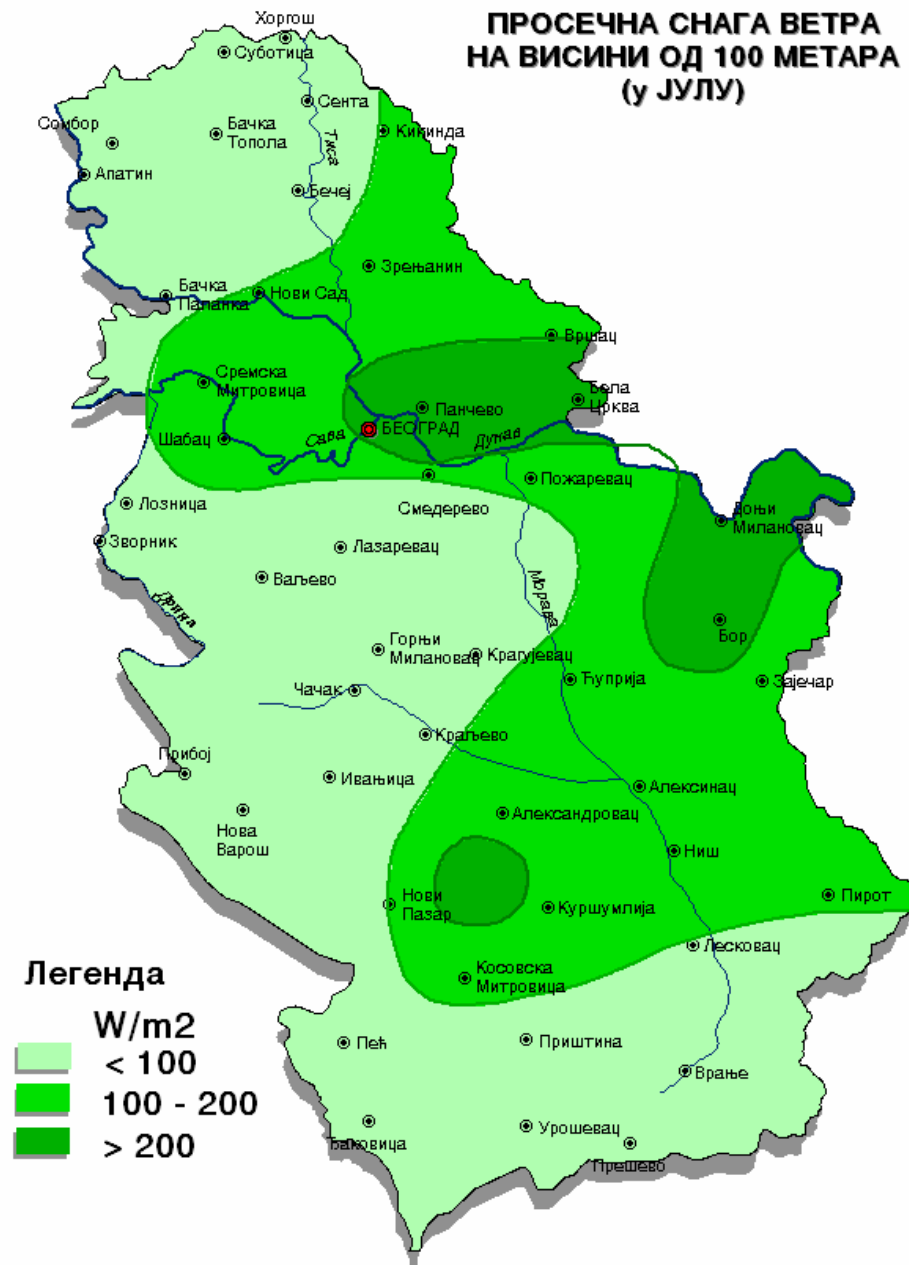
На Мапи 9.2.4 приказана је просечна укупна енергија ветра (kWh/m^2) на висини од 100m изнад тла у јануару. Максималне вредности укупне енергије ветра налазе се на територији доњег Подунавља и Источне Србије. У подручју обухваћеном изолинијом $225kWh/m^2$ налази се Јужни Банат, јужна обала Дунава од Београда до Неготина, и долина Тимока са околним планинама.

На Мапи 9.2.5 приказана је укупна енергија ветра (kWh) на висини од 100m изнад тла у јулу. У грубим цртама ситуација је слична јануарској, али су интензитети мањи. Изолинија $150kWh/m^2$ има сличан ток као $300kWh/m^2$ у јануару, с тим што се подручје Копаоника издваја по вишим вредностима од своје непосредне околине.

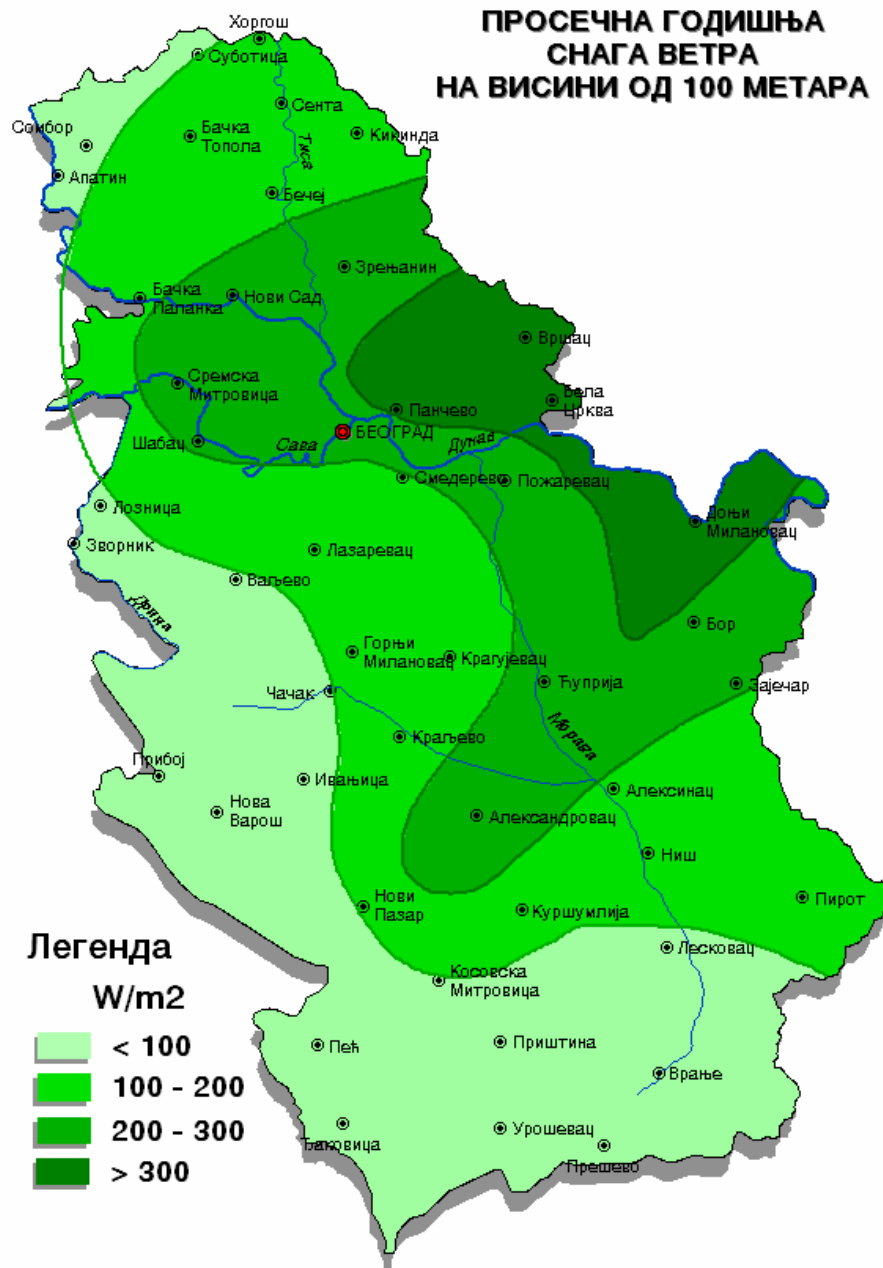
На Мапи 9.2.6 приказана је укупна годишња енергија ветра ($kWh W/m^2$) на висини од 100m изнад тла за годину. Годишња вредност представља суму 12 месечних сума енергије. Годишња изолинија $2700kWh/m^2$ не обухвата градове Београд, Пожаревац и Бор, али је близу њих.



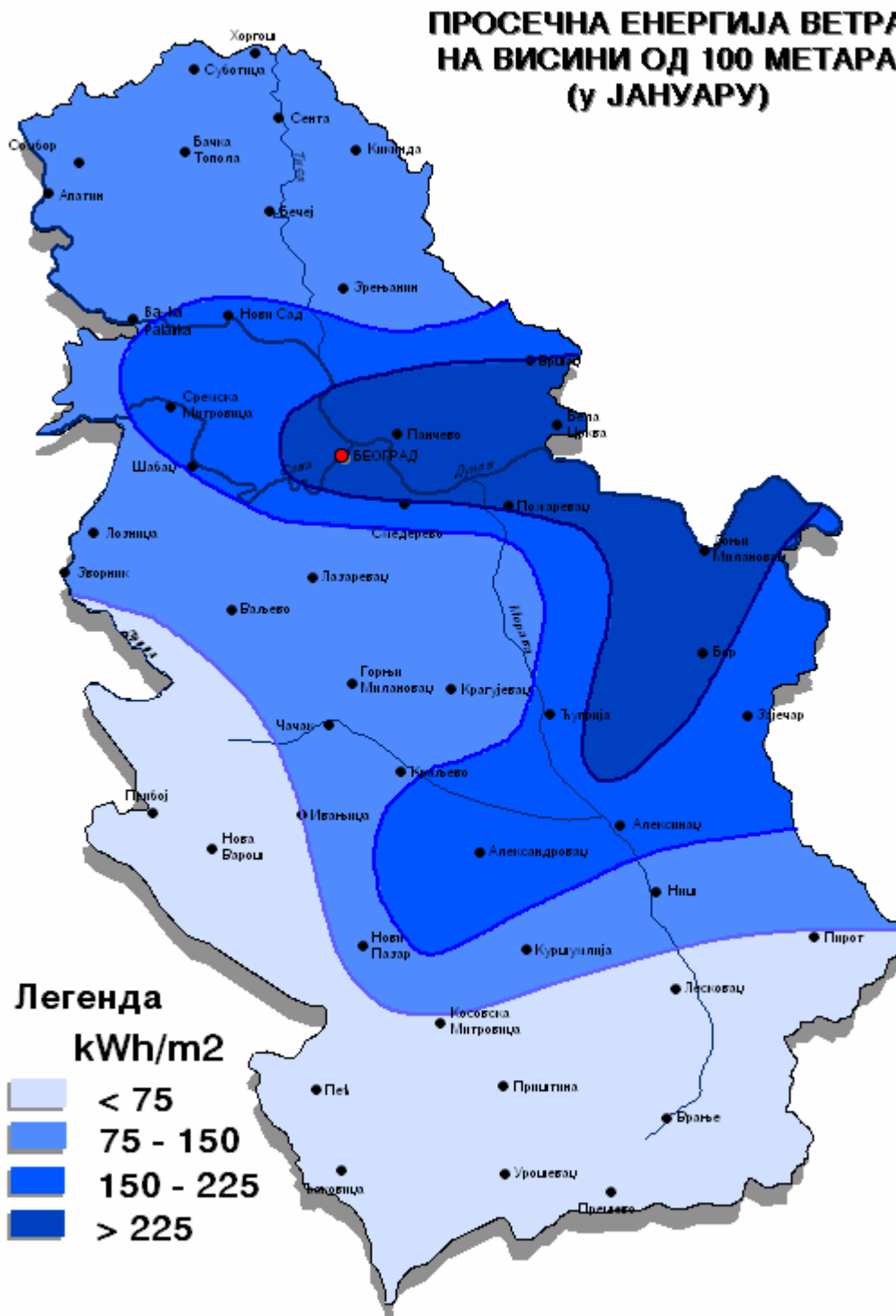
Мапа 9.2.1: Просечна снага ветра у јануару на висини од 100m (W/m²)



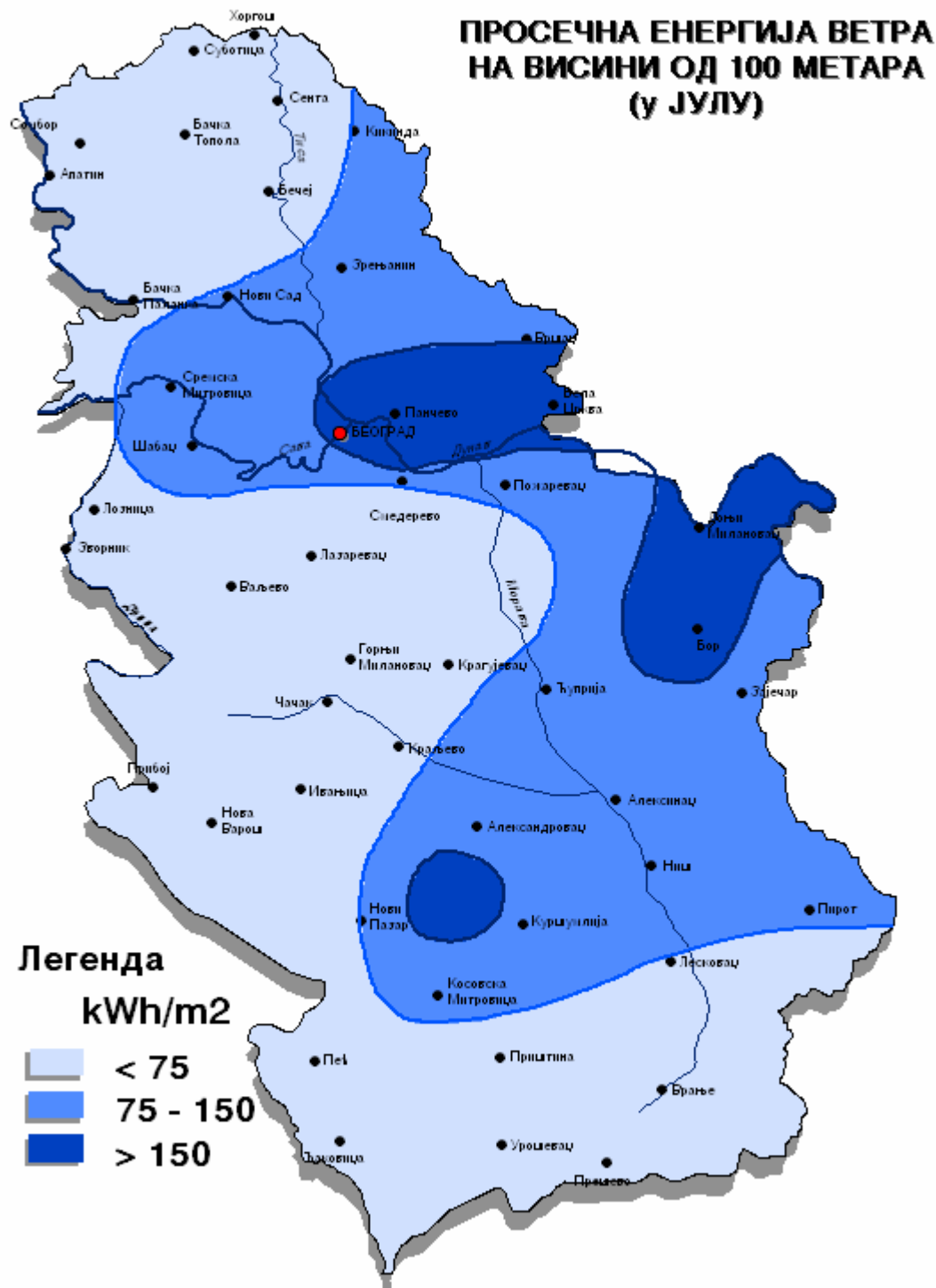
Мапа 9.2.2: Просечна снага ветра у јулу на висини од 100m (W/m²)



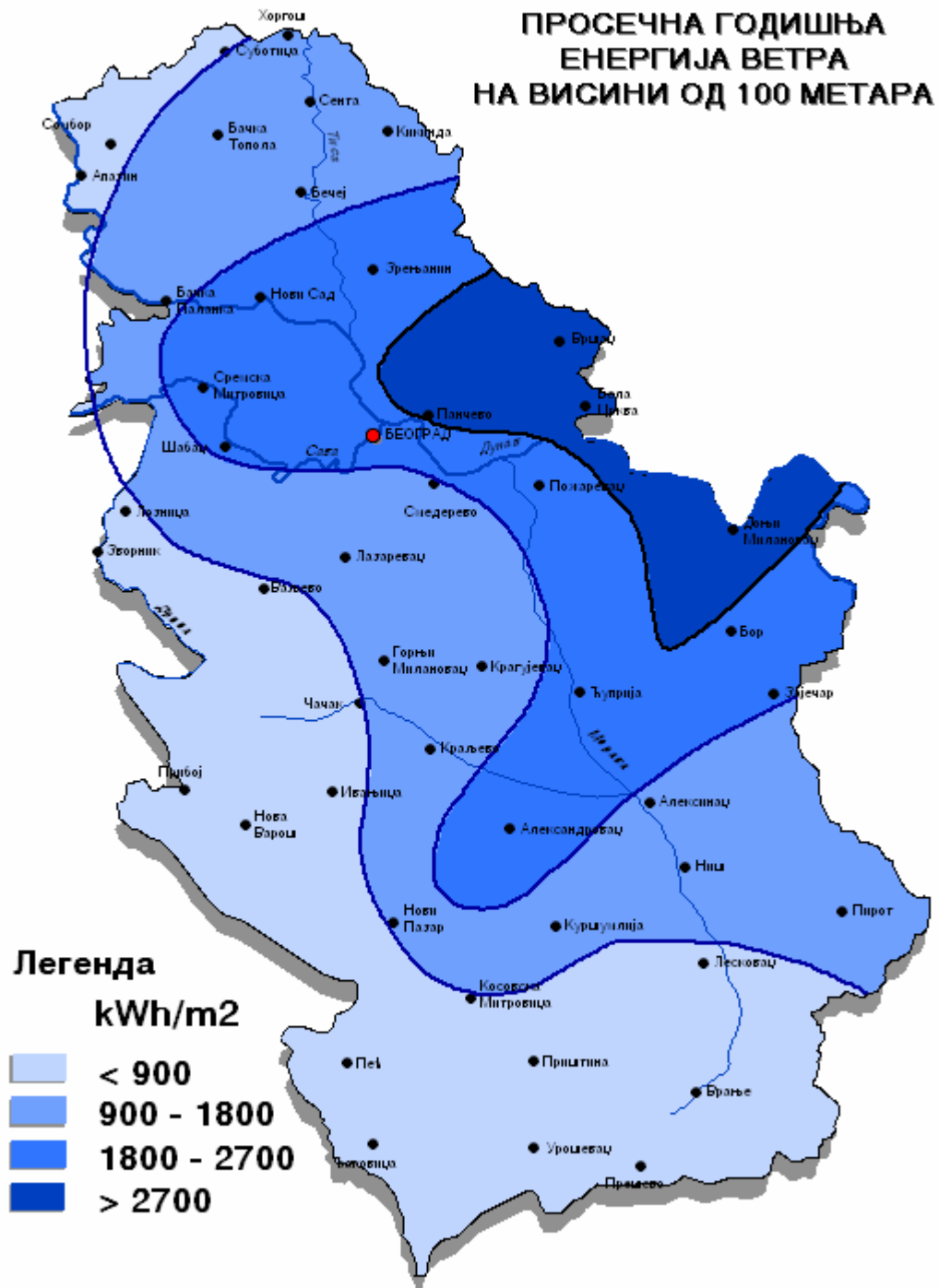
Мапа 9.2.3: Просечна годишња снага ветра на висини од 100m (W/m²)



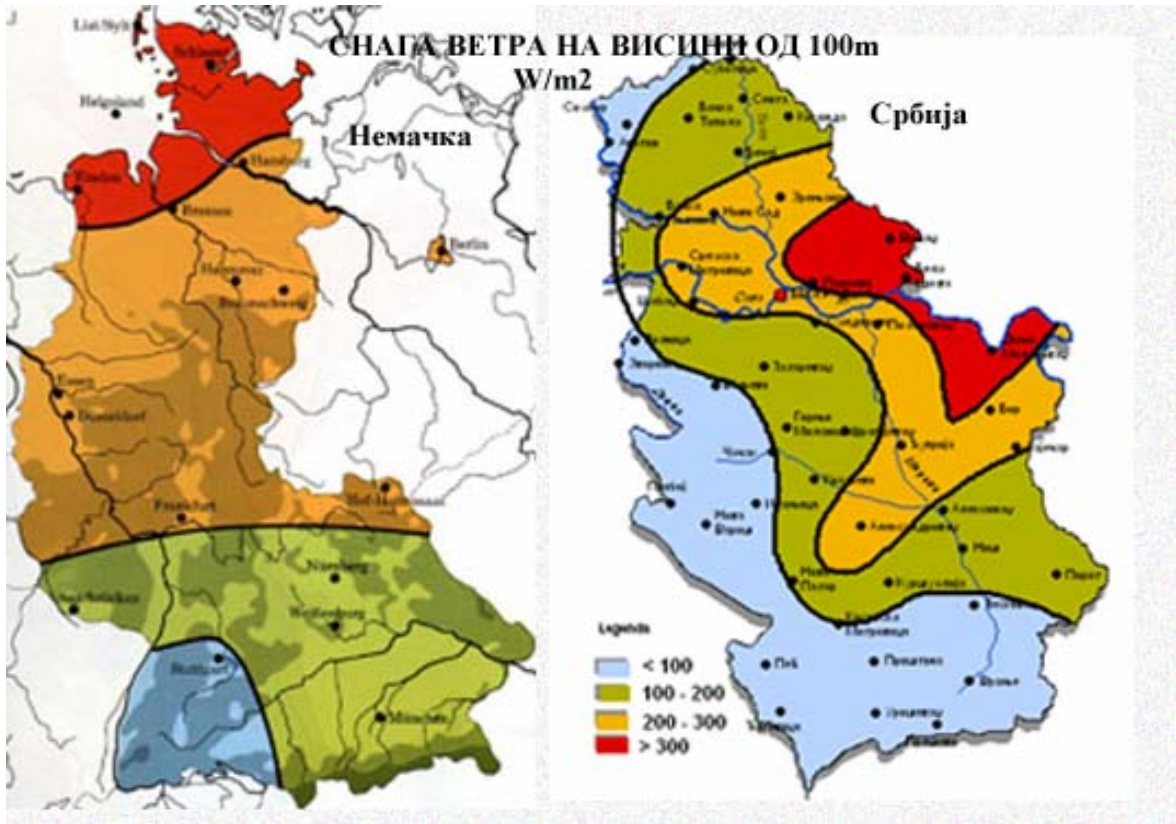
Мапа 9.2.4: Просечна укупна енергија ветра у јануару на висини од 100m (kWh/m²)



Мапа 9.2.5: Просечна укупна енергија ветра у јулу на висини од 100m (kWh/m²)



Мапа 9.2.6: Просечна укупна годишња енергија ветра на висини од 100m (kWh/m²)

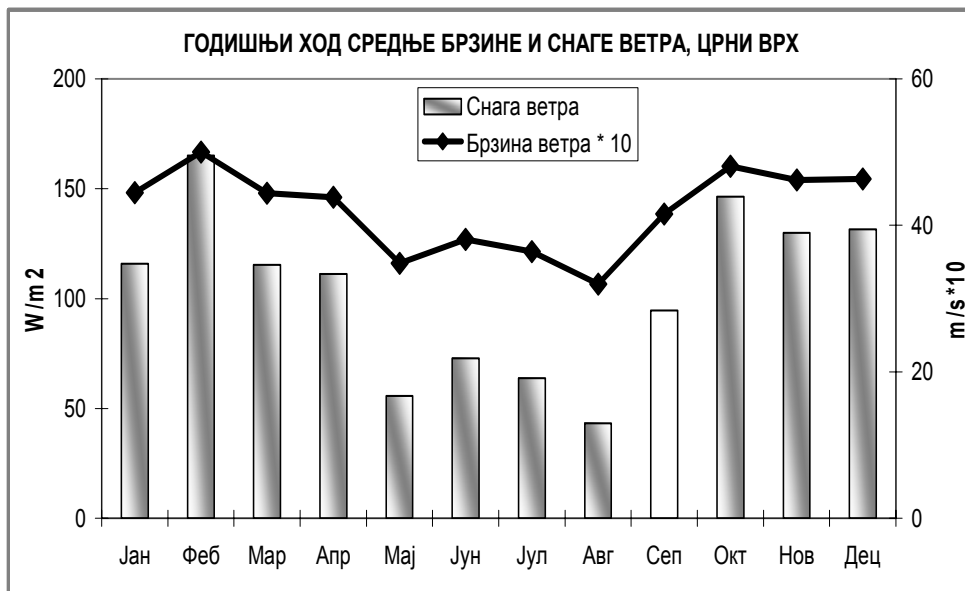


Мапа 9.2.7 Упоредне карте снаге ветра Западне Немачке и Србије.

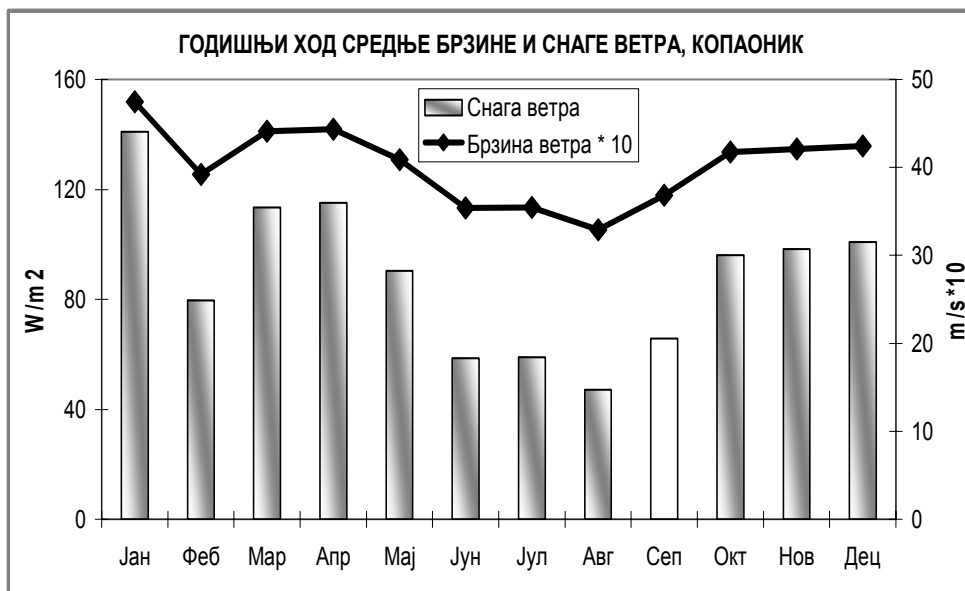
На Мапи 9.2.7 је приказана снага ветра на висини од 100m. Подручје са снагом већом од 300W/m² налази се у Немачкој у приобаљу Северног Мора, а у Србији у доњем Подунављу и Јужном Банату.

Генерално се може констатовати да територија Немачке и територија Србија имају сличан енергетски потенцијал ветра.

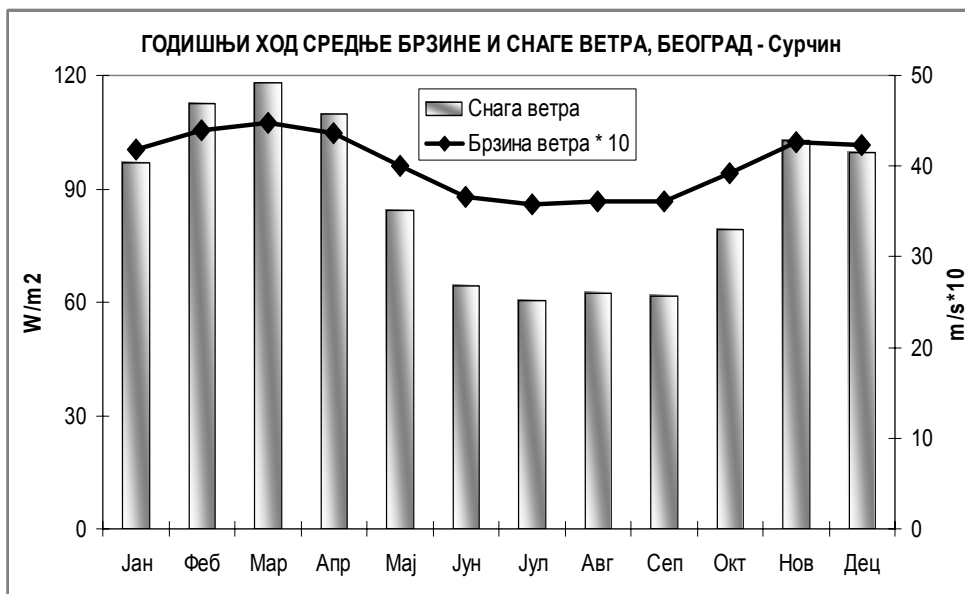
Годишњи ход брзине и снаге ветра (на висини од 10m) представља важну карактеристику енергетике ветра (Слике 9.2.1 до 9.2.6). Ова карактеристика се користи за оптимизацију уклапања у енергетски систем, као и за формирање хибридних система. Такође је важна за процене периода активности и економичности.



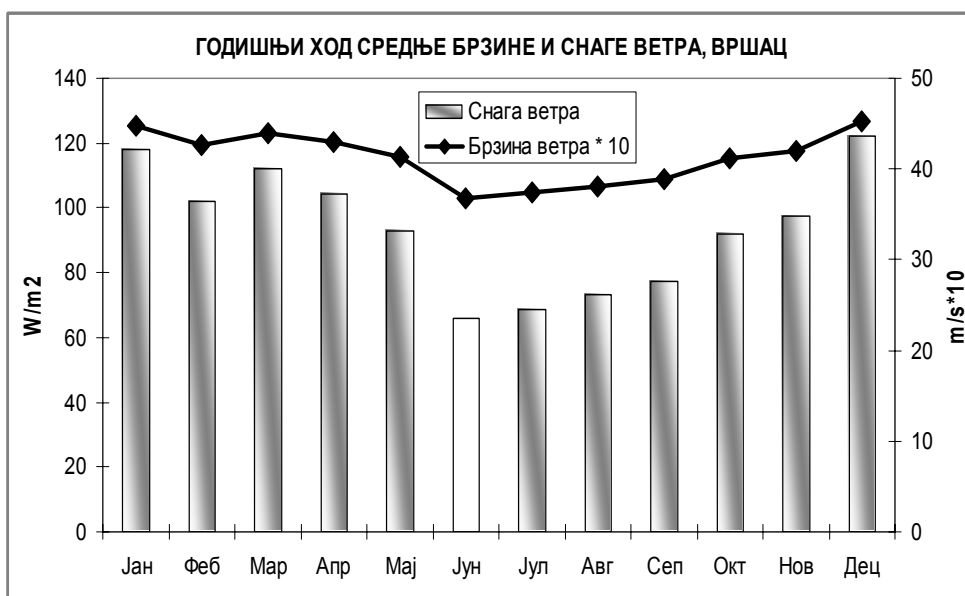
Слика 9.2.1: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Црни Врх. Месечне брзине ветра осцилују од 3,2 до 5,0m/s, а снага од 43 до 165W/m².



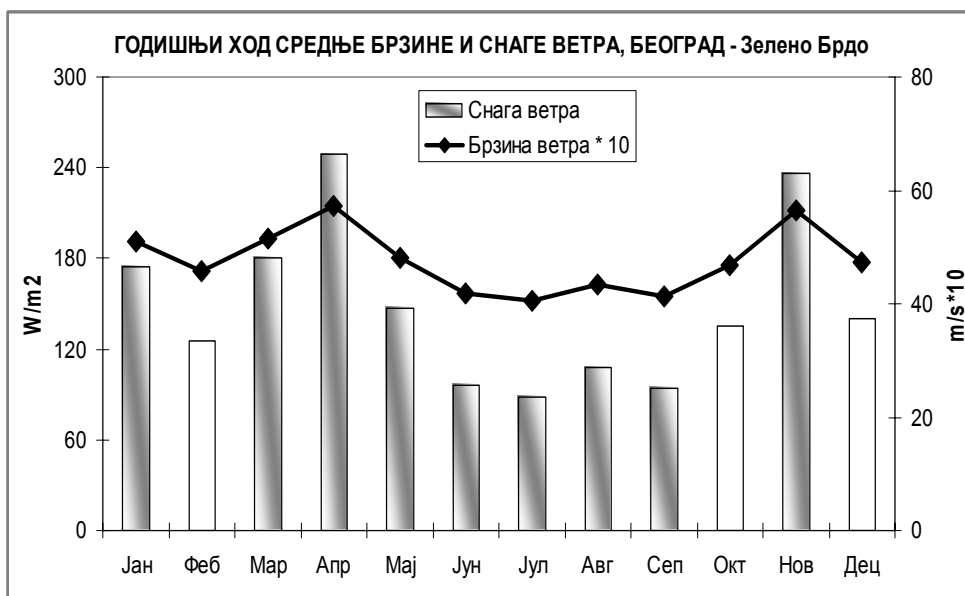
Слика 9.2.2: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Копаоник. Месечне брзине ветра осцилују од 3,3 до 4,7m/s, а снага од 47 до 141W/m².



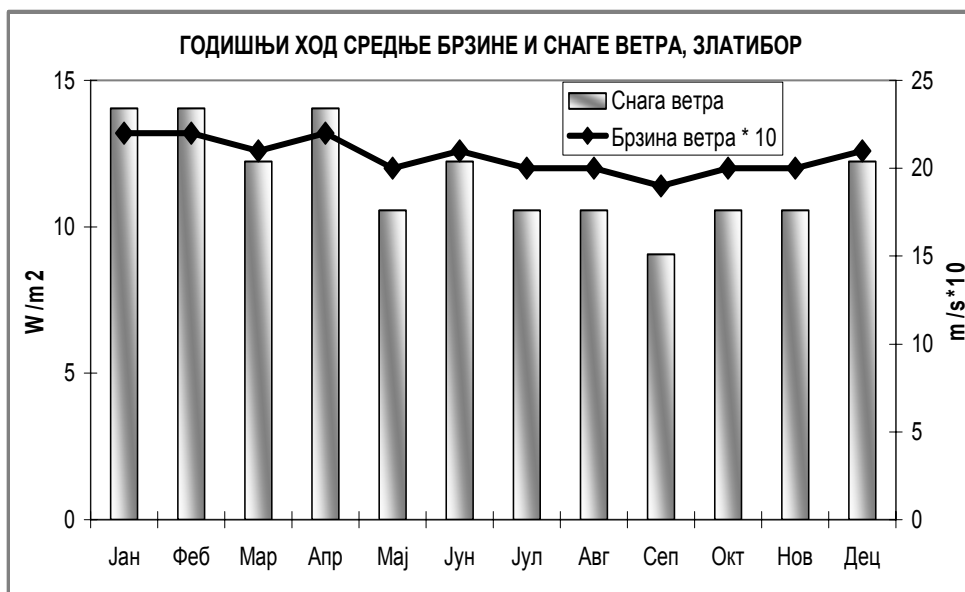
Слика 9.2.3: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Сурчин. Месечне брзине ветра осцилују од 3,2 до 4,5m/s, а снага од 43 до 118W/m².



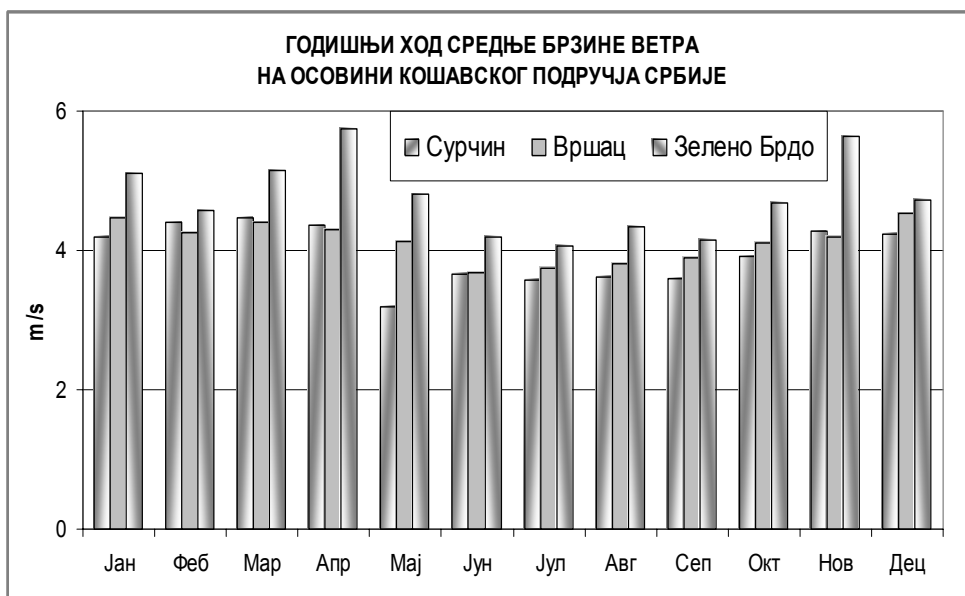
Слика 9.2.4: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Вршац. Месечне брзине ветра осцилују од 3,7 до 4,5m/s, а снага од 66 до 122W/m².



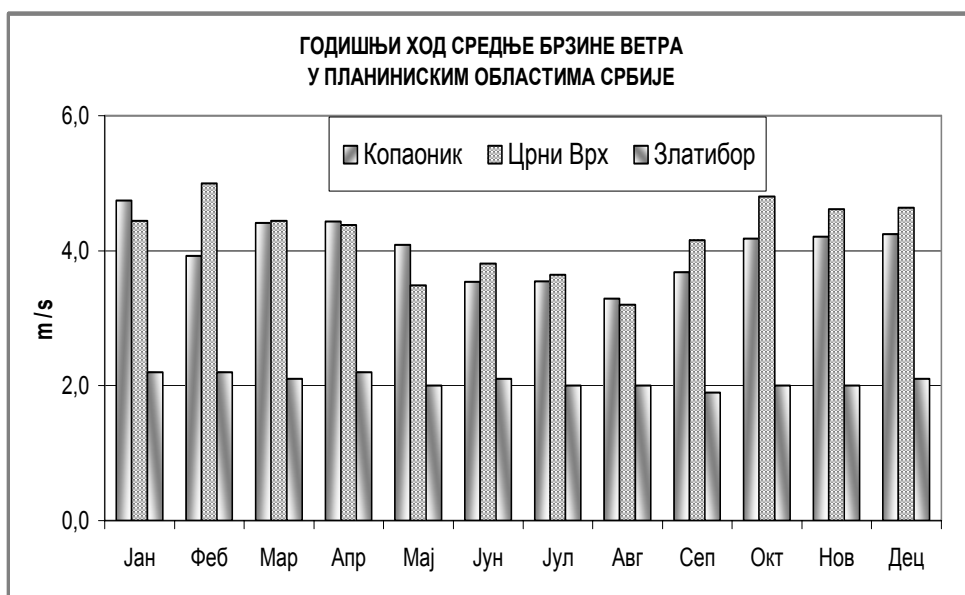
Слика 9.2.5: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Београд - Зелено брдо. Месечне брзине ветра осцилују од 4,1 до 5,7m/s, а снага од 88 до 250W/m².



Слика 9.2.6: Годишњи ход средње брзине и снаге ветра, Златибор. Месечне брзине ветра осцилују од 1,9 до 2,2m/s, а снага од 9 до 14W/m². Заиста мале вредности за једно планинско подручје.

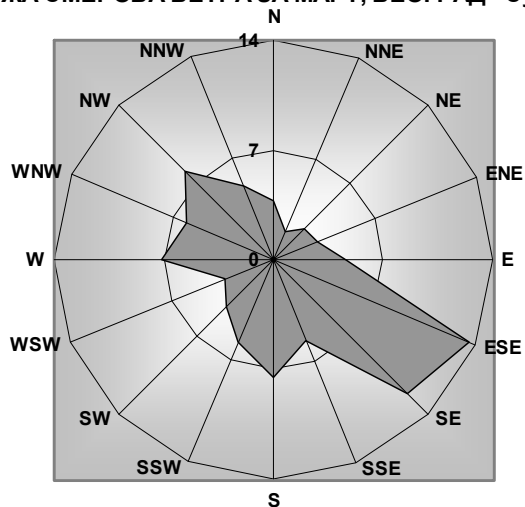


Слика 9.2.7: Годишњи ход средње брзине ветра на осовини кошавског подручја, Сурчин, Зелено Брдо и Вршац. Брзине су дате као средње месечне вредности. Само Зелено брдо има брзине за све смерове преко 4m/s.



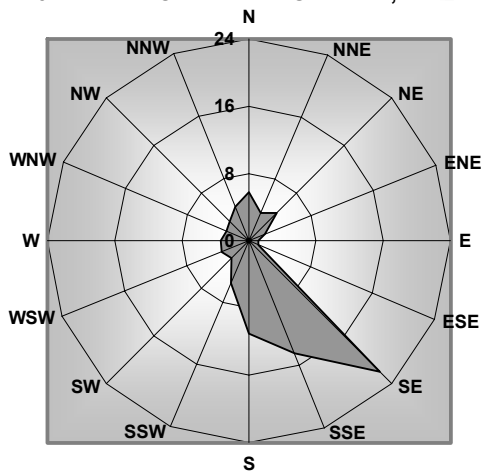
Слика 9.2.8: Годишњи ход средње брзине ветра на планинским станицама Србије, Црни Врх, Копаоник (зимске брзине преко 4 m/s) и Златибор (увек око 2 m/s).

РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА МАРТ, БЕОГРАД - Сурчин



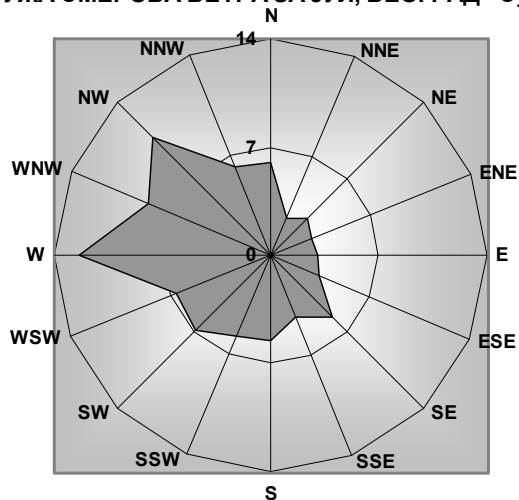
Слика 9.2.9: Руже смерова ветра (у процентима) за март, Београд - Сурчин.

РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА МАРТ, ВРШАЦ



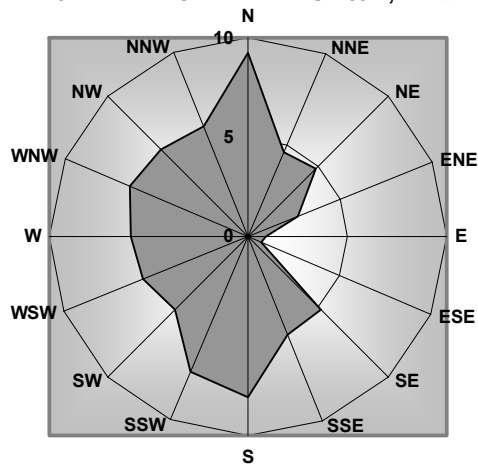
Слика 9.2.10: Руже смерова ветра (у процентима) за март, Вршац. У односу на ружу Сурчина показује изразитију доминацију смера SE (22 према 12%) као и јачу јужну компоненту у сектору кошаве.

РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА ЈУЛ, БЕОГРАД - Сурчин



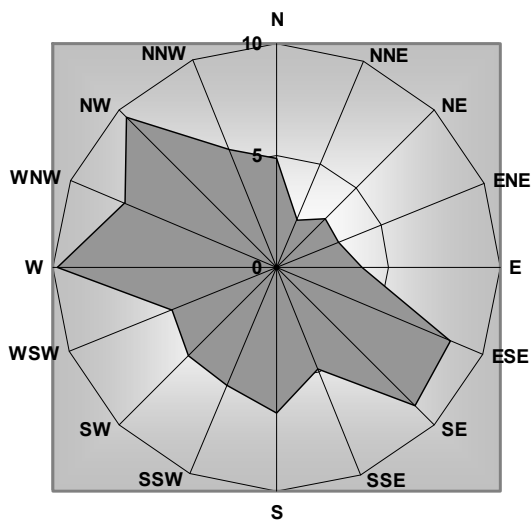
Слика 9.2.11: Руже смерова ветра (у процентима) за јул, Београд - Сурчин. Доминирају ветрови из сектора запад до северозапад-

РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА ЈУЛ, ВРШАЦ



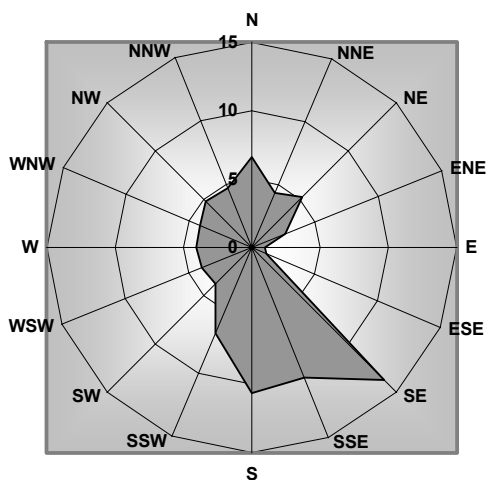
Слика 9.2.12: Руже смерова ветра (у процентима) за јул, Вршац. Преовлађују ветрови из западног сектора

РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА ГОДИНУ, БЕОГРАД - Сурчин

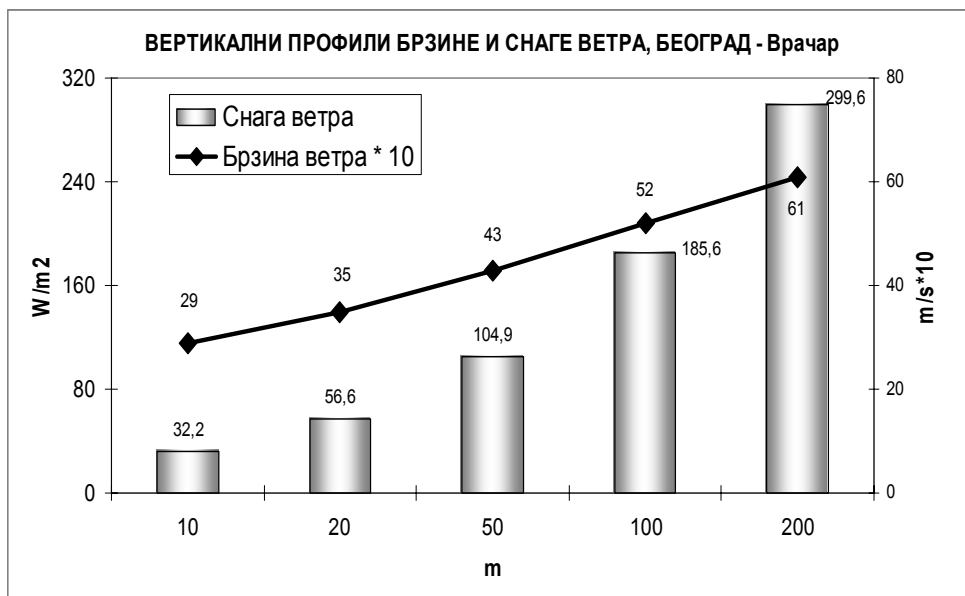


Слика 9.2.13: Руже смерова ветра (у процентима) за годину, Београд. У годишњој ружи ветра преовлађују смерови из југоисточног сектора и сектора запад-северозапад.

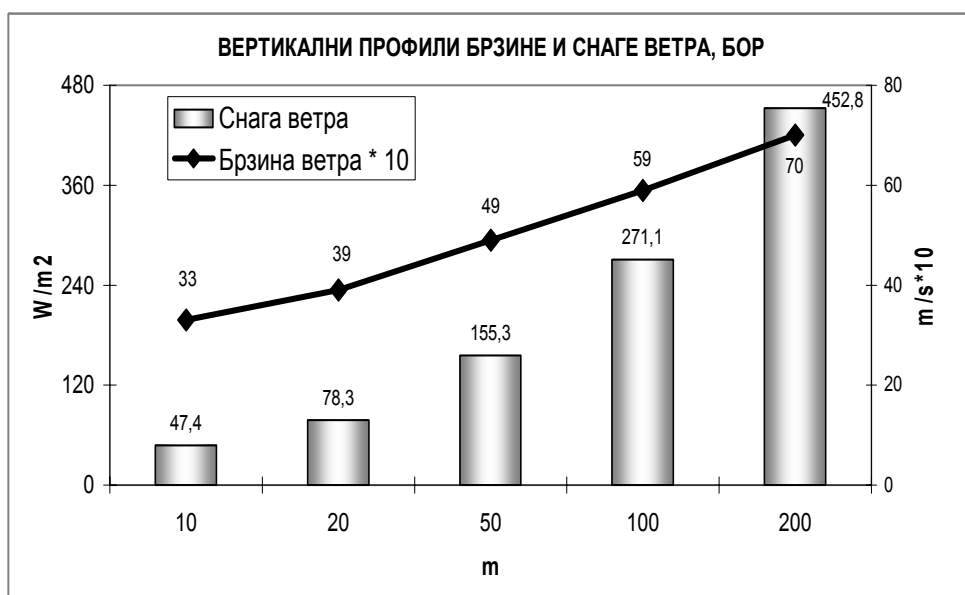
РУЖА СМЕРОВА ВЕТРА ЗА ГОДИНУ, ВРШАЦ



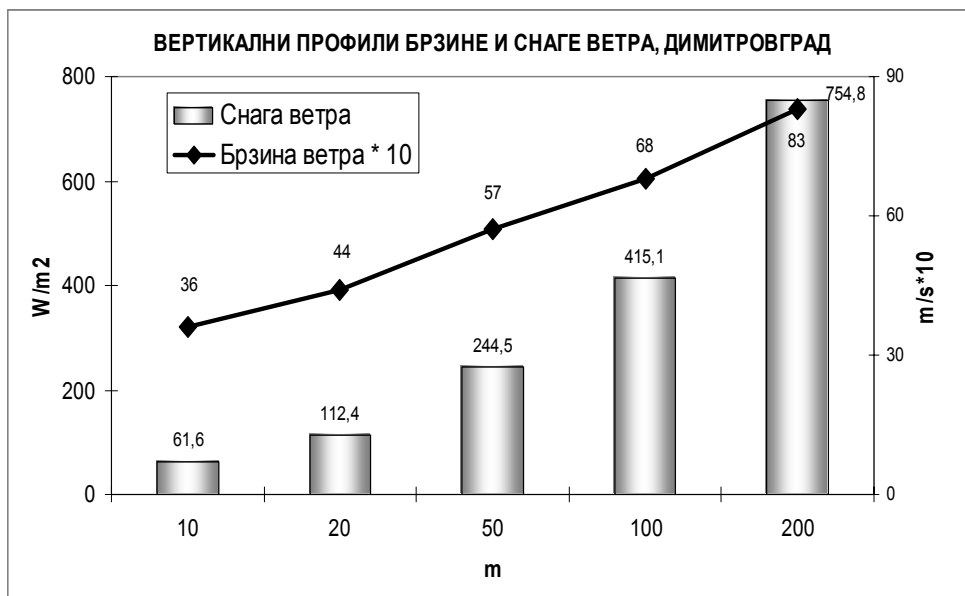
Слика 9.2.14: Руже смерова ветра (у процентима) за годину, Вршац У годишњој руживетра преовлађује ветар из сектора југоисток, слично мартовској ружи.



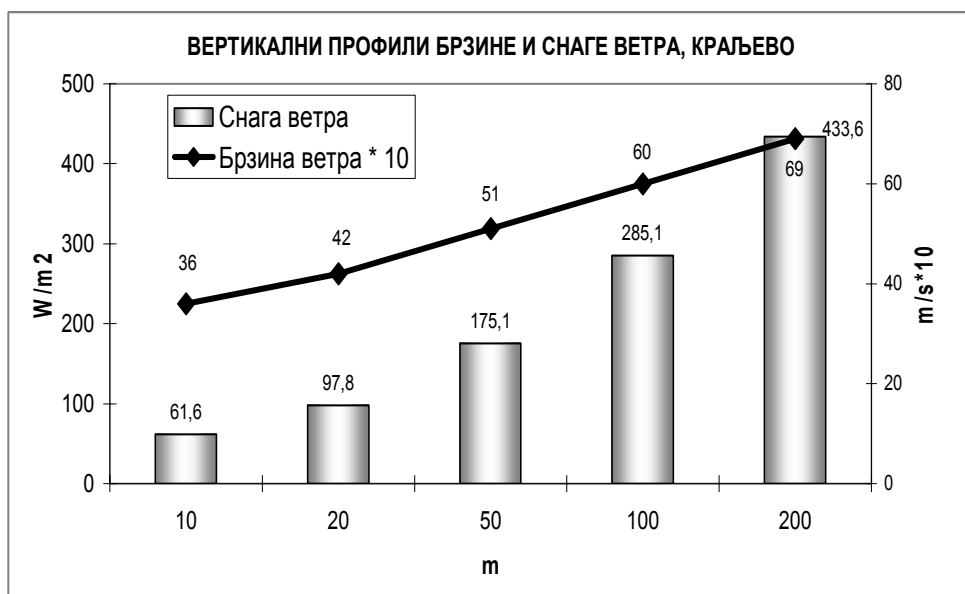
Слика 9.2.15: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Београд - Врачар. Опсерваторија Врачар има најдужи низ мерења, па је значајна, иако не може бити добра потенцијална локација за ветротурбине.



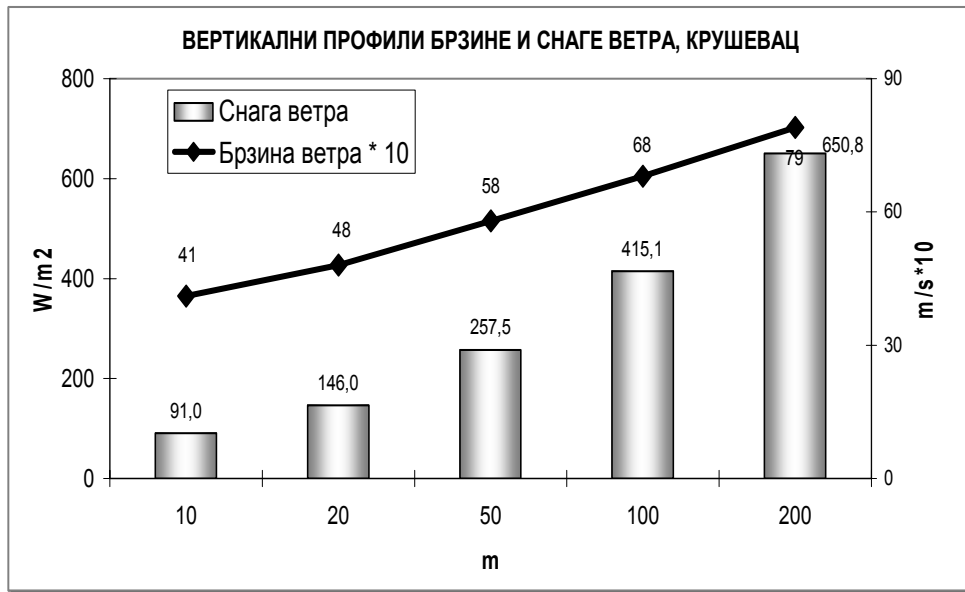
Слика 9.2.16: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Бор. Долина Тимока је релативно повољно подручје по снази ветра.



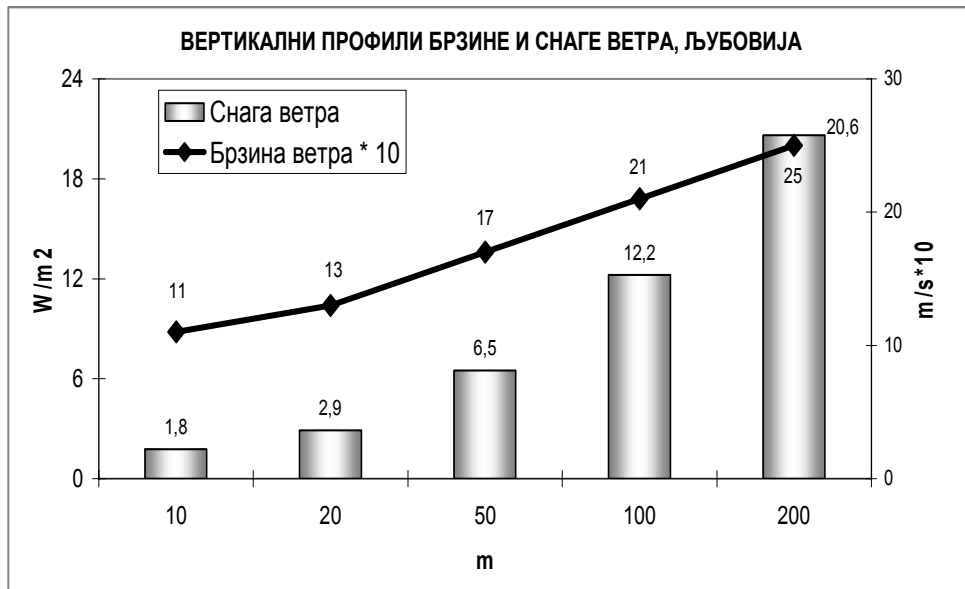
Слика 9.2.17: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Димитровград.



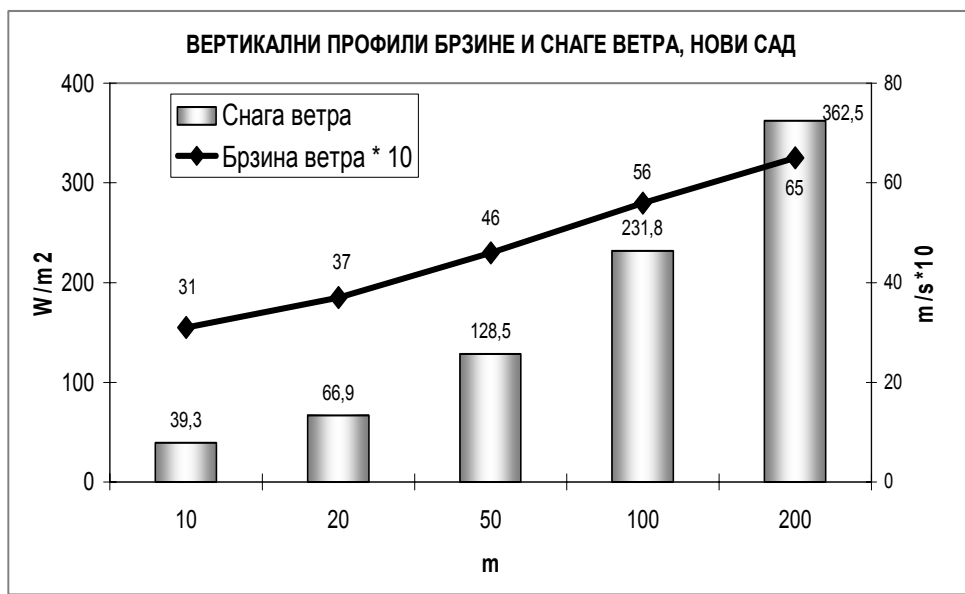
Слика 9.2.18: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Краљево



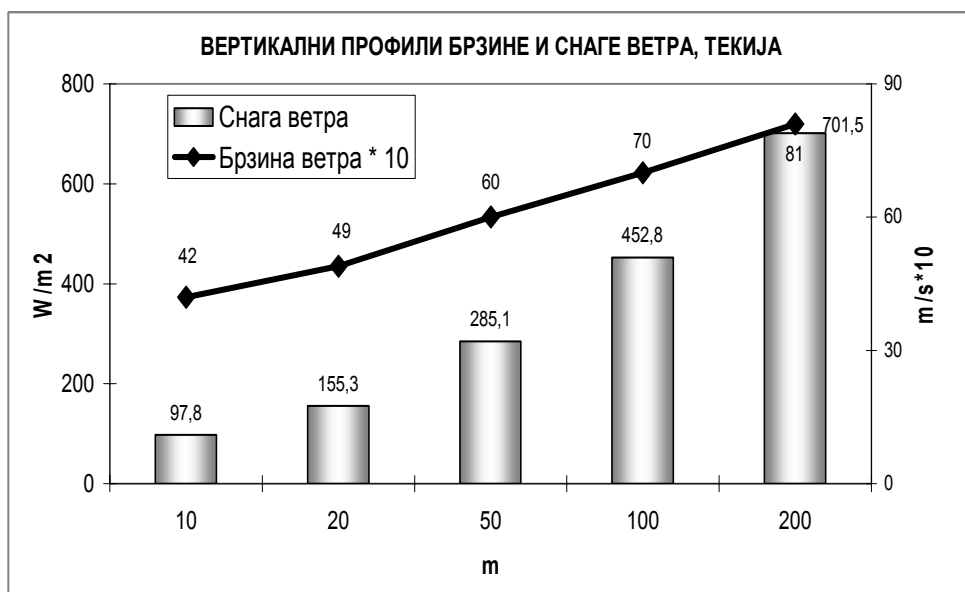
Слика 9.2.19: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Крушевац. Крушевац има релативно високу средњу брзину ветра, али нема јачих ветрова.



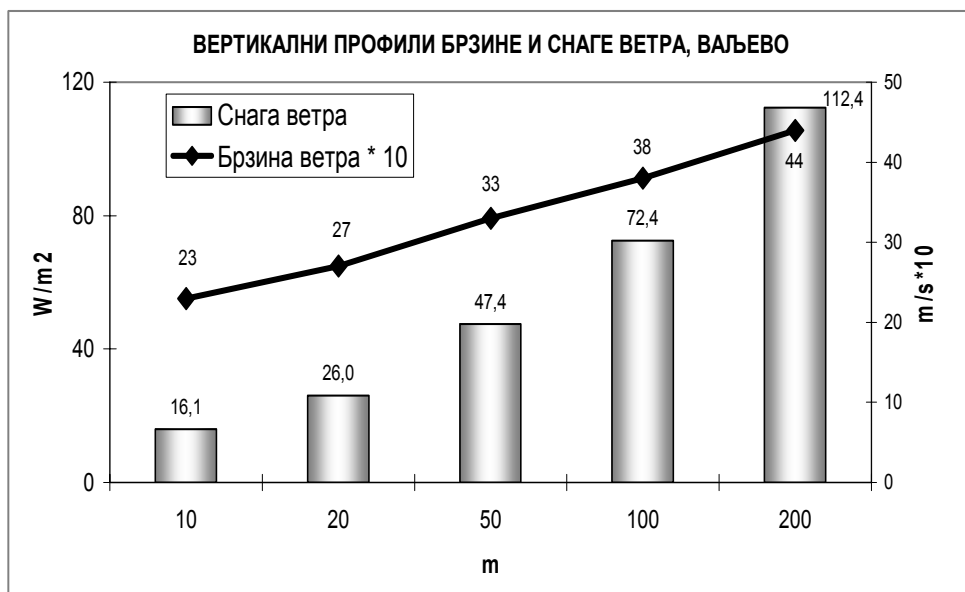
Слика 9.2.20: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Љубовија. Изразито неповољно подручје за коришћење енергије ветра.



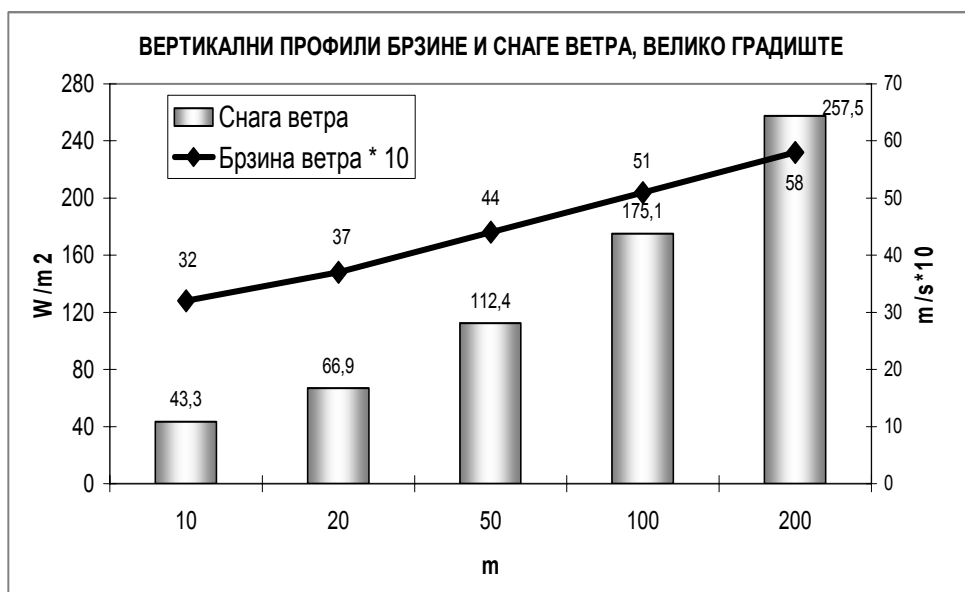
Слика 9.2.21: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Нови Сад. Ниска средња брзина, слабија кошава.



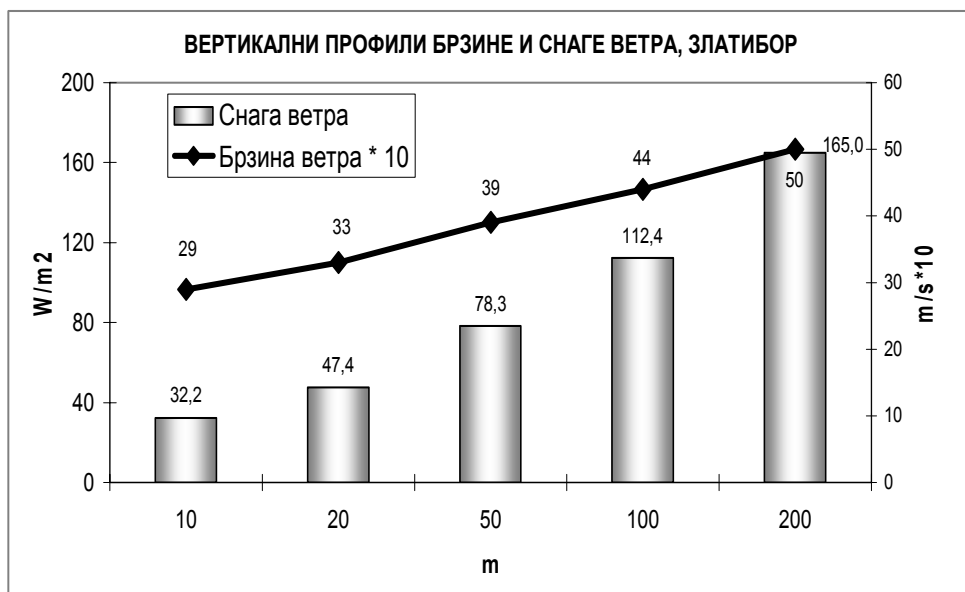
Слика 9.2.22: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Текија. Доста висока средња брзина, јак северозападни ветар, нема кошаве.



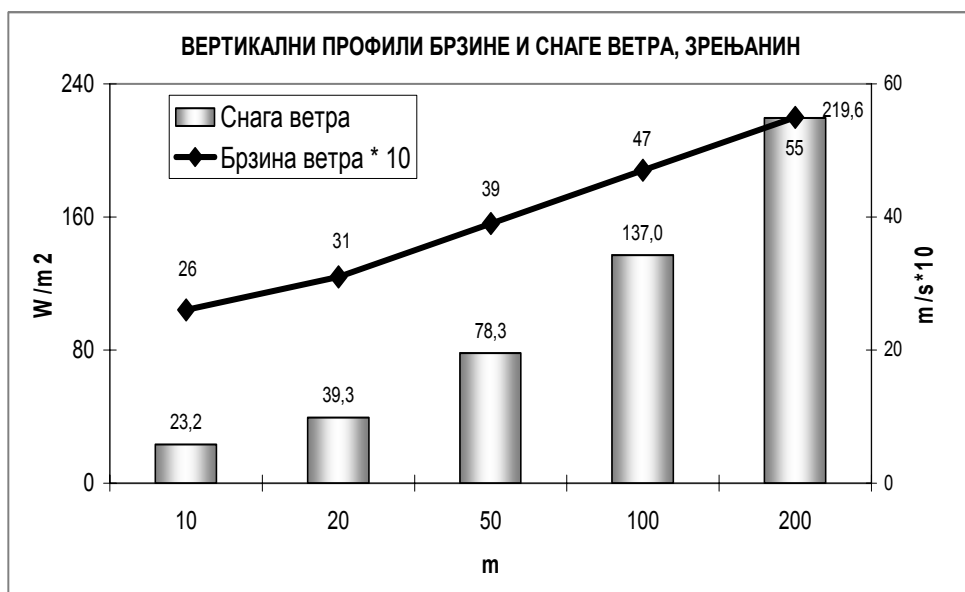
Слика 9.2.23: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Ваљево. Неповољно подручје за коришћење енергије ветра.



Слика 9.2.24: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Велико Градиште. Иако средње брзине ветра нису велике, "скривени" потенцијал лежи у кошасти.



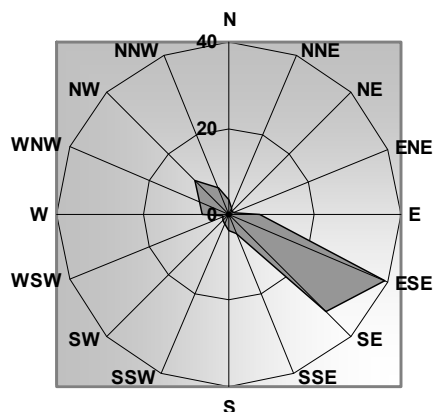
Слика 9.2.25: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Златибор. Мала средња брзина, Могућ потенцијал у јужном ветру.



Слика 9.2.26: Вертикални профили брзине (m/s) и снаге ветра (W/m²), Зрењанин. Мала средња брзина, могућ потенцијал у кошаџи.

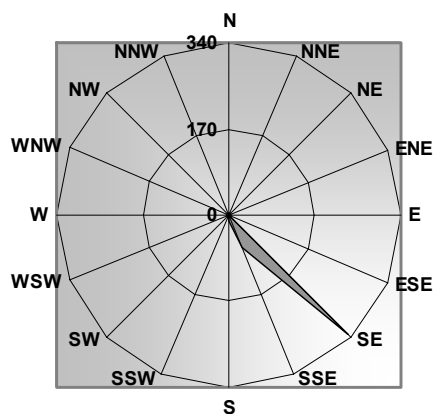
Енергетске руже ветра дају више информација од стандардних ружа смерова и брзине ветра. Ветрови различитих смерова имају различиту структуру брзина и самим тим различиту енергију. Конкретно, кошава је врло турбулентан ветар са великим колебањем брзина, али са већом средњом брзином од осталих смерова.

ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА МАРТ, БЕОГРАД - СУРЧИН
(висина 10 метара)



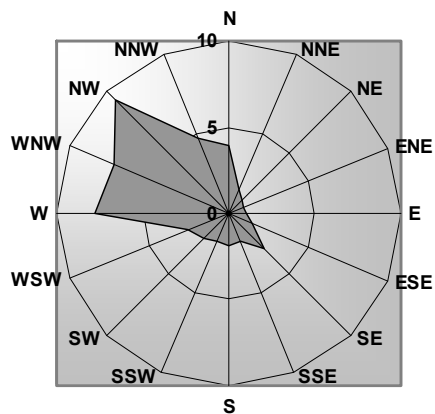
Слика 9.2.27: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за март, Београд - Сурчин. У марту је укупна количина енергије 130kWh/m² од чега две трећине отпада на кошавски сектор.

ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА МАРТ, ВРШАЦ
(висина 10 метара)



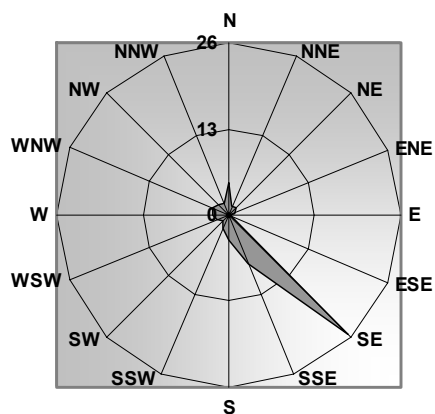
Слика 9.2.28: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за март, Вршац. Укупна енергија у марту је 435 kWh/m², од чега око 335 даје само смер југоисток

ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА ЈУЛ, БЕОГРАД - СУРЧИН
(висина 10 метара)



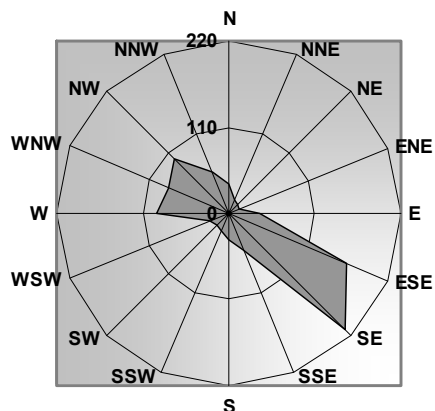
Слика 9.2.29: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за јул, Београд - Сурчин. Укупна енергија у јулу је 52kWh/m². а скоро сва енергија потиче из сектора северозапад и запад.

ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА ЈУЛ, ВРШАЦ
(висина 10 метара)



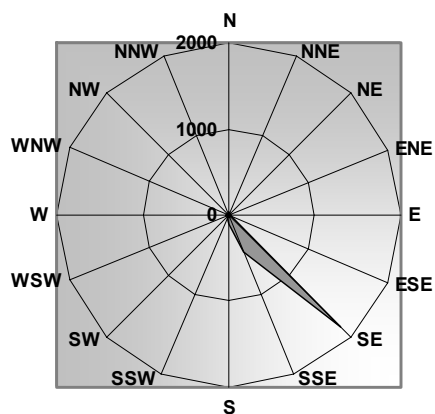
Слика 9.2.30: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за јул, Вршац. У јулу енергетска ружа ветра има облик сличан ружи из марта, али је количина енергије знатно мања, свега 61kWh/m².

**ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА ГОДИНУ, БЕОГРАД - СУРЧИН
(висина 10 метара)**

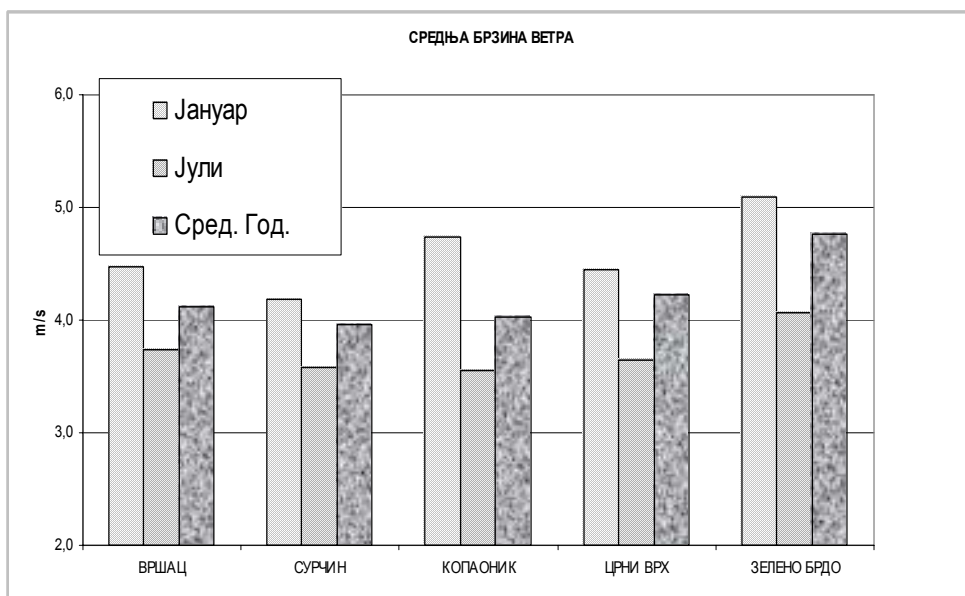


Слика 9.2.31: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за годину, Београд - Сурчин. Годишња сума енергије износи 985kWh/m², од чега на смерове SE и ESE отпада око 375kWh/m².

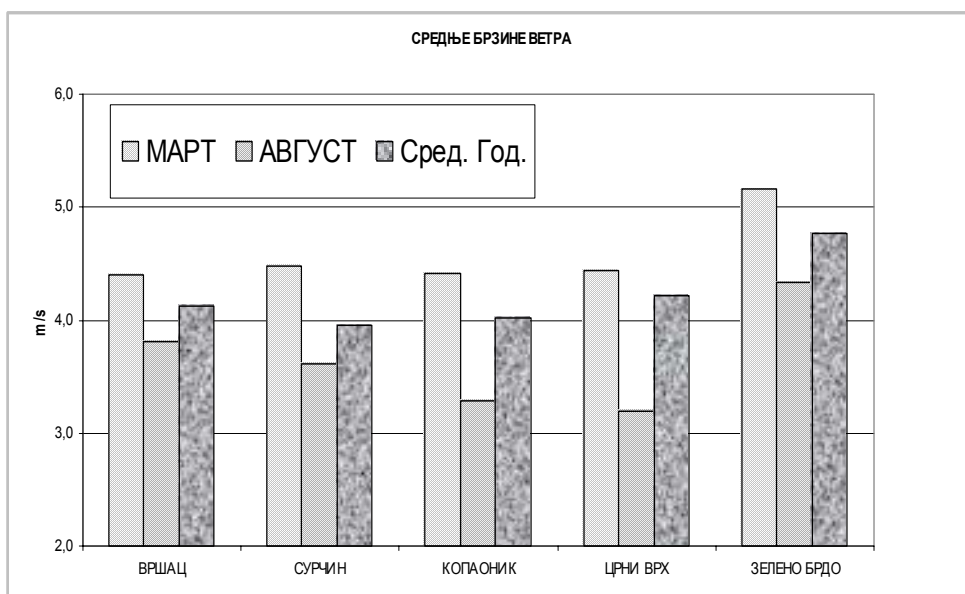
**ЕНЕРГЕТСКА РУЖА ВЕТРА (у kWh/m²) ЗА ГОДИНУ, ВРШАЦ
(висина 10 метара)**



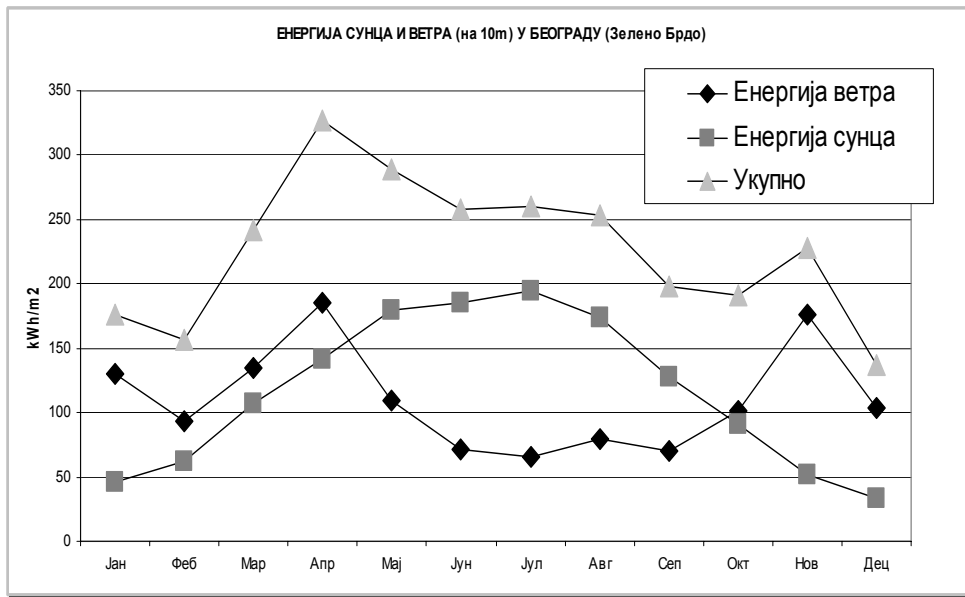
Слика 9.2.32: Енергетска ружа ветра (у kWh/m²) за годину, Вршац. Годишња сума енергије је 2684 kWh/m², од чега смерови SE и SSE носе око 2300kWh/m²



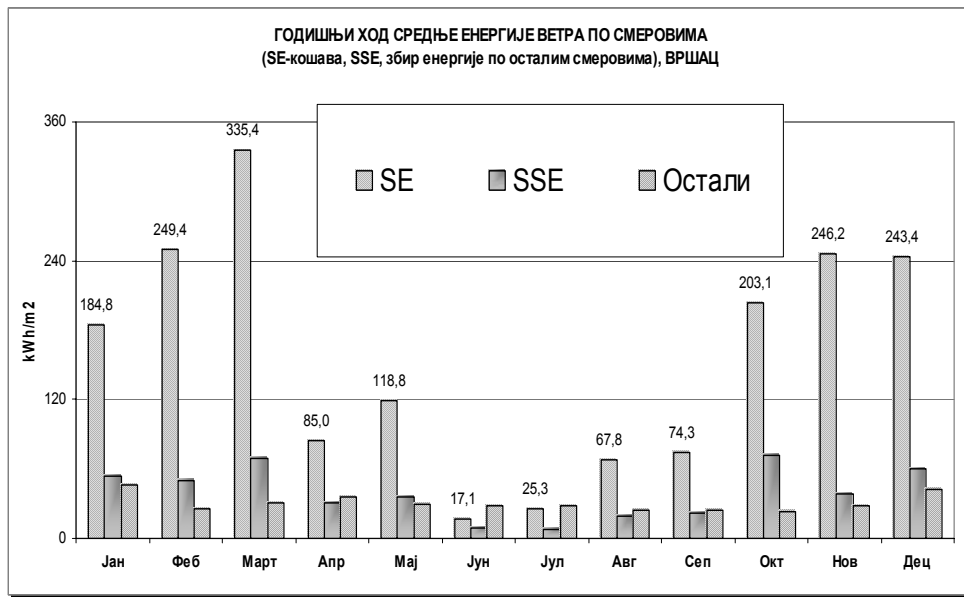
Слика 9.2.33: Упоредни график средњих брзина ветра за јануар, јул и годину. Годишњи ход (јануар - јул) је сличан код свих станица. Брдске станице имају већу средњу брзину због изложеног положаја. Највеће средње брзине има Зелено брдо иако није високо јер се код њега комбинује утицај кошавског подручја и изложени положај.



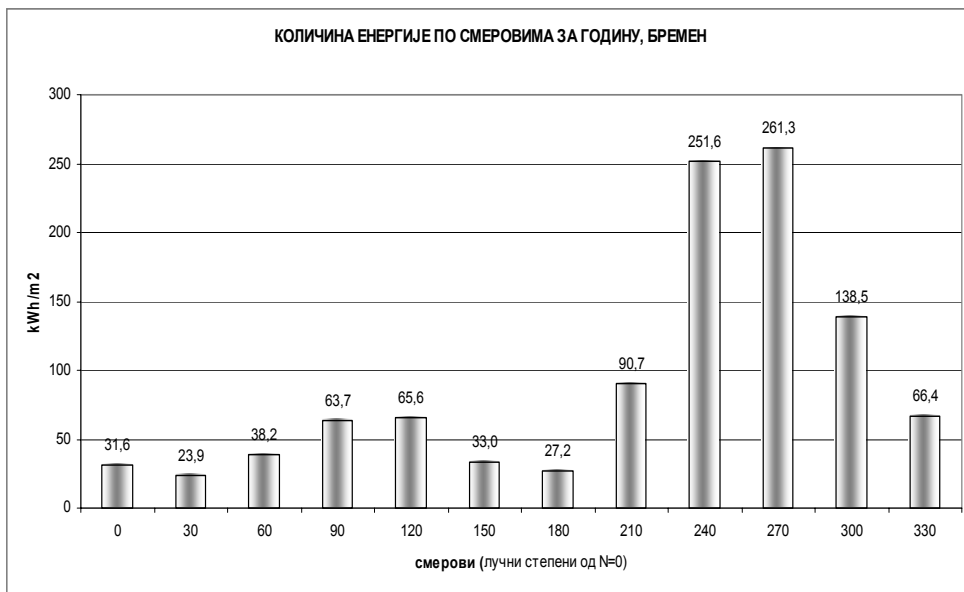
Слика 9.2.34: Упоредни график средњих брзина ветра за март, август и годину. На станици Београд-Зелено брдо је у марту средња брзина ветра 5,2m/s.



Слика 9.2.35: Упоредни графици годишњих ходова енергије Сунца и енергије ветра (на 10m), као и укупне енергије ова два извора, Београд - Зелено брдо. Максимална дневна количина енергије Сунца је у јулу (6,3kWh/m²), а ветар има максимуме у априлу и новембру (6,1 и 5,9 kWh/m²). Однос максимума и минимума сунчеве енергије је 4:1, енергије ветра 3:1, док је тај однос код сумарне енергије 2:1.



Слика 9.2.36: Годишњи ход месечних сума енергије, Вршац (SE-кошава, SSE, сума енергије по осталим смеровима). Сама кошава даје око 1850kWh/m² годишње.



Слика 9.2.37: Годишња расподела енергије ветра по смеровима, Бремен. Највећи део енергије добија се из западног сектора (азимут 240 до 270). Укупна енергија у Бремену је мања од енергије кошаве у Вршцу.