

ENERGETSKI POTENCIJAL VETRA REPUBLIKE SRPSKE

M. Zlatanović¹, D. Mirjanić², V. Zlatanović³, I. Popović⁴

SAŽETAK:

Klimatske promene izazvane emisijom gasova staklene bašte i zagađenje životne sredine usloveli su, u domenu energetike, nagli porast korišćenja obnovljivih izvora energije. Najznačajniji ekološki prihvatljiv obnovljivi izvor energije, koji po ekonomskim parametrima uspešno konkuriše klasičnim energetskim izvorima, je energija vetra. Zemlje Evropske unije, Amerika, Kina, Indija, Australija i mnoge druge zemlje, značajnim merama vlade podržavaju razvoj vetroenergetike, a u neposrednom okruženju Republike Srpske, u Hrvatskoj, vetroelektrane isporučuju električnu energiju prenosnom sistemu, dok su na teritoriji Federacije BiH u toku aktivnosti na izgradnji vetroparkova. Energetski potencijal Republike Srpske analizira se u okviru projekta „Obnovljivi izvori energije – energetski potencijal vjetra u RS” koji finansira Ministarstvo nauke i tehnologije RS. Nedavno je, kao donacija Namačke, Vladi RS ustupljen Atlas vetra RS zasnovan na satelitskim osmatranjima. Ovaj dokument nije javno dostupan. Takođe, korišćenjem podataka sa satelita, firma ANEMOS je uradila Atlas vetra RS u rezoluciji 5 km x 5 km. Podaci zemaljskih meteoroloških stanica sa područja RS mogu se ograničeno koristiti zbog prostornog rasporeda mernih mesta i značajnog uticaja konfiguracije i hrapavosti okolnog terena na interpretaciju mernih rezultata. U cilju određivanja lokalnog energetskog potencijala vetra instalirano je nekoliko specijalizovanih mernih stanica za vetar na području Romanije i u okolini Trebinja. U ovom radu prikazani su prvi rezultati određivanja globalne raspodele brzine vetra na području RS prema metodologiji Evropskog Atlasa korišćenjem satelitskih merenja sa rezolucijom² 5 km x 25 km. Pokazano je da brzina vetra na teritoriji RS raste u pravcu severozapad-jugoistok, što je u sglasnosti sa dostupnim rezultatima drugih istraživanja. Dobijene mape vetra mogu se koristiti za određivanje lokacija koje su povoljne za postavljanje specijalizovanih mernih stanica za vetar.

¹ Prof. dr M. Zlatanović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

² Prof. dr D. Mirjanić ANURS, Banja Luka, Republika Srpska

³ V. Zlatanović, WINDTIM, Beograd, Srbija

⁴ Dr I. Popović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

UVOD

Razvoj civilizacije danas podrazumeva i staranje o životnoj sredini, tako da se govori o *održivom razvoju*. Nekontrolisan razvoj, usredsređen samo na konkretan cilj efikasnije realizacije određene ljudske aktivnosti, može dovesti do takvih poremećaja u okolini da izazove uništenje civilizacije. Smisao održivog razvoja podrazumeva sistematsko praćenje uticaja tehnološkog napretka i svih aktivnosti čovečanstva na životnu sredinu u cilju kontrolisane promene prirodnog okruženja.

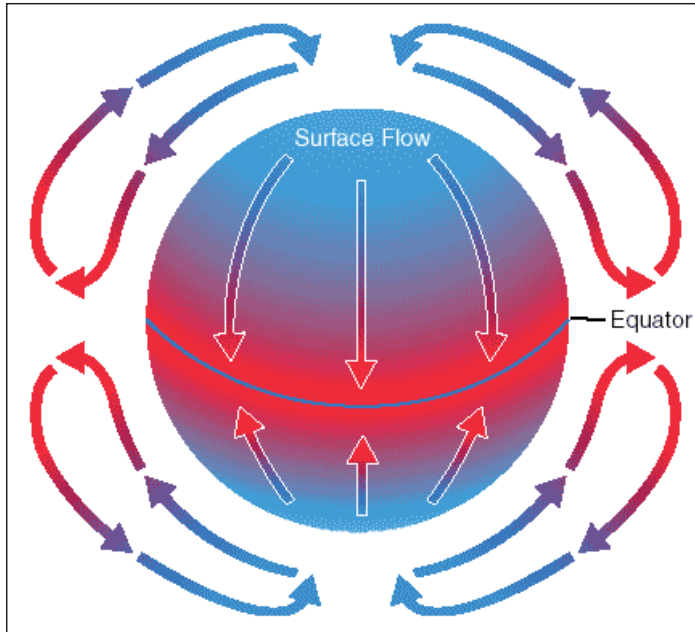
Atmosfera planete Zemlje, sa klimom kao jedinstvenim bogastvom u delu kosmosa koji nam je dostupan osmatranju, omogućila je razvoj života na Zemlji. Razvoj civilizacije podrazumeva konverziju energije u oblike koje najbolje možemo da koristimo i kontrolišemo na sadašnjem stupnju tehnološkog razvoja. Najvažniji izvori energije i način na koji je koristimo imaju dve osnovne mane sa stanovišta održivog razvoja: – rezerve konvencionalnih izvora energije su ograničene, a način na koji ih koristimo dovodi do značajnih poremećaja u okolini, što može biti uzrok nepovoljnih klimatskih promena.

Na sadašnjem stupnju razvoja, rešenje se vidi u korišćenju obnovljivih izvora energije koji su prihvatljivi sa ekološkog stanovišta. Akcija na globalnom nivou dala je kao rezultat usvajanje dokumenata koji u okviru Evropske unije i SAD imaju za cilj proizvodnju 20% potrebne energije iz obnovljivih izvora do 2020. (2030. SAD) godine /1,2/. Energija Sunca je dominantan obnovljivi izvor energije, a od oblika u kojima se javlja na Zemlji energija vetra je najznačajnija, jer je cena konverzije u električnu energiju konkurentna ceni klasičnih izvora energije.

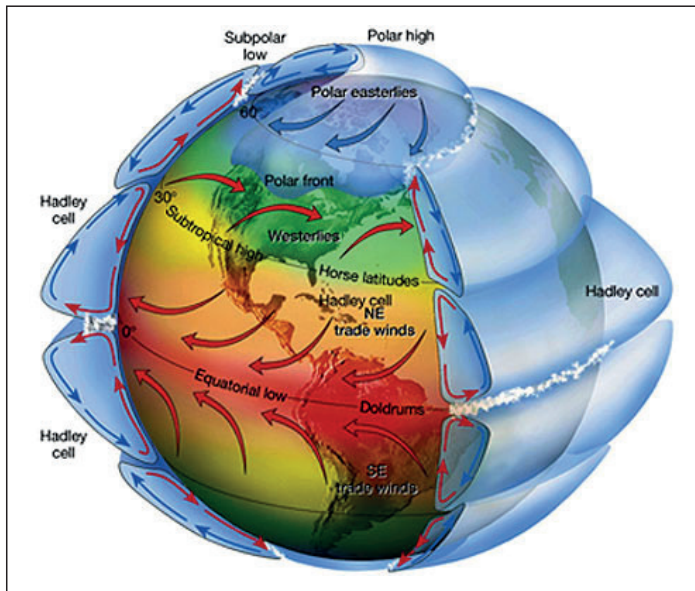
Kao i u slučaju drugih energetske izvora, energija vetra nije ravnomerno raspoređena u atmosferskom graničnom sloju iznad površine Zemlje. Energija Sunca koja dospeva do nas posredstvom elektromagnetskih talasa izaziva neravnomerno zagrevanje zemljine površine i vazduha iznad nje, što dovodi do razlike temperature i pritiska u pojedinim područjima i do kretanja vazdušnih masa, odnosno do pretvaranja energije zračenja u mehaničku energiju vetra. Globalni vetrovi su posledica neravnomernog zagrevanja površine zemlje, njene rotacije, odnosa površine i rasporeda kopnenih i vodenih masa i konfiguracije kopna (položaja planina i planinskih venaca) i mogu se u najgrubljem prikazati kao na slici 1.

Ako se u obzir uzme uticaj rotacije zemlje i periodičnost zagrevanja na severnoj i južnoj polulopti, uočavaju se po tri područja sa vetrovima posebnih karakteristika koja se nazivaju ćelije: tropska ćelija u oblasti geografske širine 0-30°, područje zapadnih vetrova 30°-60° i polarna ćelija u oblasti 60°-90°.

Balkansko poluostrvo se nalazi u oblasti zapadnih globalnih vetrova, ali iz iskustva nam je poznato da globalna slika vetrova u velikoj meri odstupa od karakteristika lokalnih vetrova, čiji je energetske potencijal jedino značajan za korišćenje vetra kao obnovljivog izvora energije.



Sl. 1. Globalni prikaz toplijih (crveno) i hladnijih (plavo) područja na zemlji koja su uzrok kretanja vazдушnih masa označenog strelicama



Sl. 2. Globalni raspored vetrova izazvan uticajem rotacije zemlje

Raspodela energetskeg potencijala vetra u atmosferskom graničnom sloju prikazuje se u funkciji visine iznad područja određenog geografskim položajem, odnosno geografskim koordinatama. Grafički prikaz čine geografske karte sa ucrtanom brzinom (i smerom), odnosno gustinom snage vetra na određenoj visini. Skup ovakvih karata čini atlas vetra. Izuzimajući meteorološke karte, prva sistematska izrada atlasa vetra, namenjena korišćenju energije vetra, rezultat je evropskog projekta i nosi naziva Evropski Atlas vetra /3/. Metodologija koju je za potrebe izrade ovog atlasa uradio danski institut RISO, i danas je u upotrebi.

U ovom radu prikazan je Atlas vetra Republike Srpske dobijen na osnovu podataka sa satelitskih osmatranja i rađen je u globalnoj rezoluciji od 25 km h 25 km.

METODOLOGIJA IZRADE ATLASA

Atmosferski granični sloj je deo atmosfere neposredno iznad površine zemlje čija se debljina (visina iznad zemlje) menja zavisno od doba dana i mnogih drugih faktora. Kretanje vazdušnih masa u ovom sloju zavisi od oblika površine na nivou dimenzija koje karakterišu konfiguraciju terena – *reljef*, odnosno *orografija*-i na nivou sitnijih detalja geometrije površine kao što su površina vode, pašnjaci, usevi, šume, naseljena područja i slično – takozvana *hrapavost* terena. Na karakteristike lokalnog vetra utiču i određene *prepreke*, odnosno pojedinačni objekti u neposrednoj blizini, kao što su građevine, stubovi, pojedinačna stabla i slično. Uticaj *orografije*, *hrapavosti* i *prepreka* na karakteristike kretanja vazdušnih masa na posmatranoj lokaciji određuju se na osnovu fizičkih modela. Ovi modeli uključuju zakone održanja mase, količine kretanja i energije, kao i uslove na granici vazduh-površina terena. Modeli uspešno simuliraju kretanje vazdušnih masa iznad relativno ravne površine homogene hrapavosti bez veće koncentracije prepreka. Uzimanjem u obzir određenih detalja moguće je uspešno simulirati karakteristike vetra i u planinskim područjima. Kao ilustracija potrebe za usavršavanjem modela može poslužiti i određivanje turbulencije koju izazivaju vetrenjače. Danas nije moguće sa velikom preciznošću odrediti turbulencije vazduha unutar grupe vetrenjača, takozvane farme vetrenjača ili vetroparka. Ovo je od značaja radi određivanje smanjenja energetskeg potencijala vetra na mestu izabrane vetroturbine usled uticaja drugih vetrenjača, ali je takođe značajno i za određivanje mehaničkih naprezanja koje trpe lopatice turbine čiji je prečnik, kod savremenih turbina veće snage, preko 100 m.

Pri izradi Evropskog Atlasu vetra korišćena je sledeća metodologija: prikupljeni su dugoročni podaci merenja sa velikog broja meteoroloških stanica na teritoriji zemalja članica Evropske unije. Od značaja su posebno brzina i pravac vetra, pritisak i temperatura. Senzori koji se koriste za merenja daju lokalne vrednosti na mestu merača. Na merene vrednosti utiču visina iznad zemlje na kojoj se vrši

merenje, kao i orografija i hrapavost okolnog terena i raspodela prepreka u blizini merne stanice. Posle verifikacije podataka na osnovu zadatih kriterijuma, vršeno je modelovanje merne stanice. To podrazumeva određivanje uticaja orografije, hrapavosti i prepreka na lokalne karakteristike vetra. Visinski profil brzine i pravca lokalnog vetra zavisi od ovih karakteristika. Na osnovu modela moguće je odrediti očekivane karakteristike vetra na području oko merne stanice iznad terena date tipične hrapavosti i na karakterističnim visinama iznad površine. Ovi podaci karakterišu lokalnu *klimu vetrova*. Karakteristike vetra na širem području između udaljenih meteoroloških stanica moguće je odrediti linearnom ekstrapolacijom ili nekom preciznijom metodom. Dobijeni podaci za određena geografska područja čine atlas vetra koji se može prikazati grafički ili tabelarno sa podacima o srednjoj brzini vetra i gustini snage za nekoliko karakterističnih hrapavosti terena i za nekoliko karakterističnih visina iznad terena. Ovi podaci u rezoluciji od nekoliko desetina kilometara mogu poslužiti za određivanje šireg područja unutar koga je potrebno instalirati specijalizovane merne stanice za određivanje karakteristika vetra.

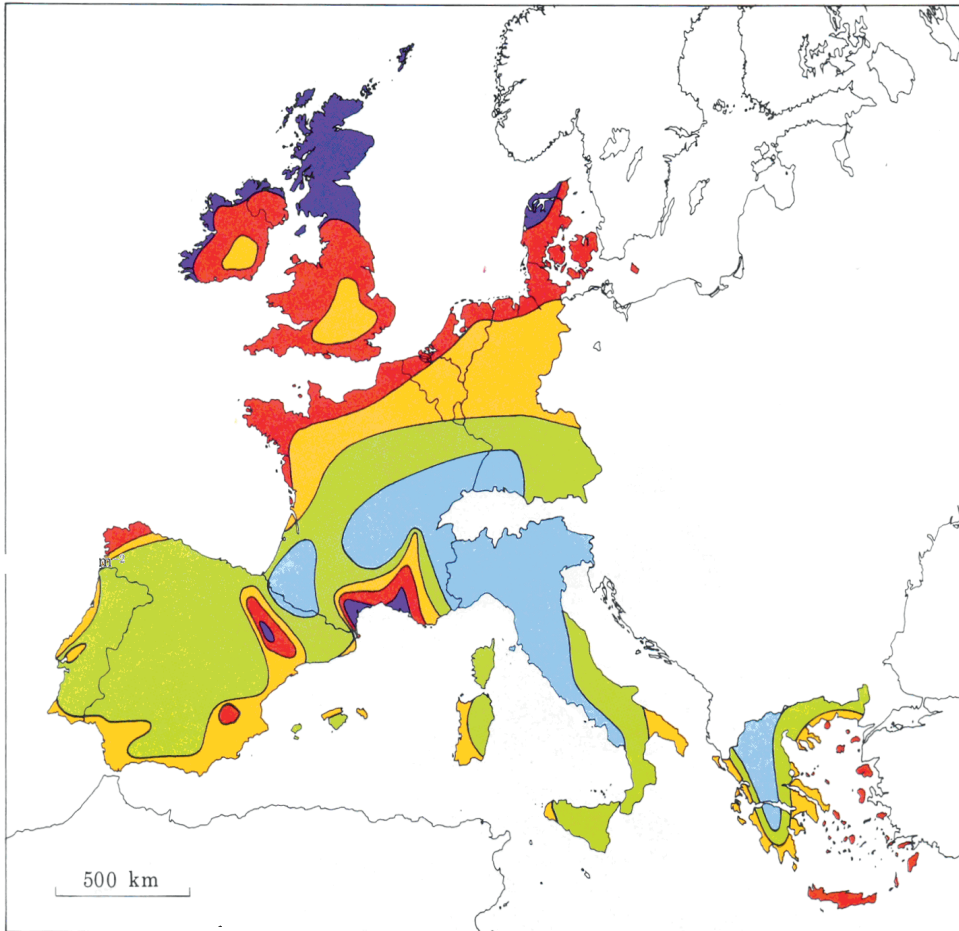
Opisana metodologija korišćena je u programskom paketu WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program www.wasp.dk). Za položaje u čvorovima izabrane homogene mreže na površini, program daje podatke o brzini i gustini snage vetra, nadmorskoj visini terena, kao i druge podatke za datu visinu iznad terena u okolini merne stanice. Gustina čvorova u mreži određuje rezoluciju mape vetra. Umesto baze merenih podataka, program koristi statističku analizu pri kojoj se karakteristike vetra predstavljaju dvoparametarskom Weibull-ovom raspodelom. Atlas vetra, pored srednje brzine i gustine snage vetra, sadrži i vrednosti parametra raspodele. Jedna karta Evropskog Atlasa vetra prikazana je na slici 3 /3/.






WASP koristi linearan model. Postoje i drugi modeli kao model najverovatnijeg stanja atmosfere, mezo model itd. Suština upotrebljivosti atlasa vetra za korišćenje njegove energije određena je kvalitetom mernih podataka. Ako postoje podaci merenja na lokaciji vetrenjače na visini osovine turbine u toku dovoljno dugog vremenskog intervala, nikakvi modeli nisu potrebni da bi se odredila na primer prosečna godišnja proizvodnja električne energije u eksploatacionom veku izabrane vetroturbine.

Meteorološki podaci, osim u međunarodnoj razmeni sa zemaljskih meteoroloških stanica, neprekidno se prikupljaju i daljinskim osmatranjem sa satelita. Podaci o smeru i brzini vetra u atmosferskom graničnom sloju na nekoj visini iznad zemlje prikupljaju se satelitima sa cele planete. Pokazalo se da su na današnjem stupnju tehnike merenja, podaci dobijeni daljinskim osmatranjem iznad okeana i velikih vodenih površina veoma pouzdani i da se mogu koristiti za projektovanje vetroelektrana u plitkim vodama mora i okeana. Međutim, za potrebe određiva-

nja lokacija za izgradnju vetroelektrana na kopnu, preciznost satelitskih merenja vetra još uvek nije dovoljna.

Zbog nedostataka digitalnih podataka o vetru sa meteoroloških stanica na teritoriji Republike Srpske, u ovom radu korišćeni su satelitski podaci za određivanje Atlasa vetra u rezoluciji 25 km x 25 km.



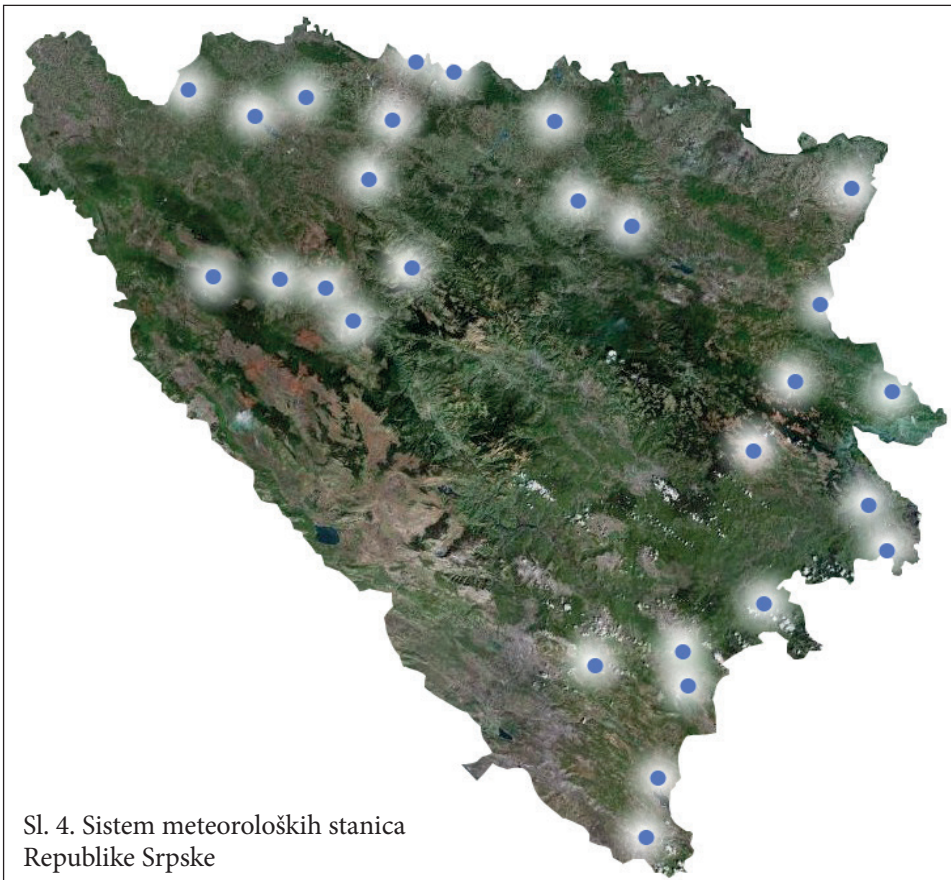
Resursi vetra ¹ na visini od 50m iznad tla za pet različitih topografskih stanja										
	Zaklonjen teren ²		Otvoren teren ³		Obala mora ⁴		Otvoreno more ⁵		Brda i grebeni ⁶	
	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Sl. 3. Atlas vetra Evrope /3/

PODACI KORIŠĆENI ZA IZRADU ATLASA VETRA REPUBLIKE SRPSKE

Na slici 4 prikazan je sistem meteoroloških stanica u Republici Srpskoj. Ove stanice su uključene u mrežu Republičkog hidrometeorološkog zavoda Banja Luka.

Posmatrajući granice Republike Srpske, broj i raspored stanica je zadovoljavajući. Međutim, za potrebe izrade atlasa vetra bilo bi pogodnije uključiti podatke sa stanica koje su prostorno raspoređene približnije kvadratnoj koordinatnoj mreži. Glavni razlog za odluku da se podaci navedenih stanica ne koriste za izradu atlasa vetra je nedostatak podataka o vetru u dužem vremenskom periodu u digitalnoj formi. Osim toga, modelovanje stanica radi uračunavanja uticaja orografije, hrapavosti i prepreka je veoma komplikovano. Na primer, pri izradi Evropskog Atlasu vetra, u velikoj meri su korišćeni podaci sa aerodroma, što olakšava određivanje hrapavosti terena i uticaja lokalne orografije.



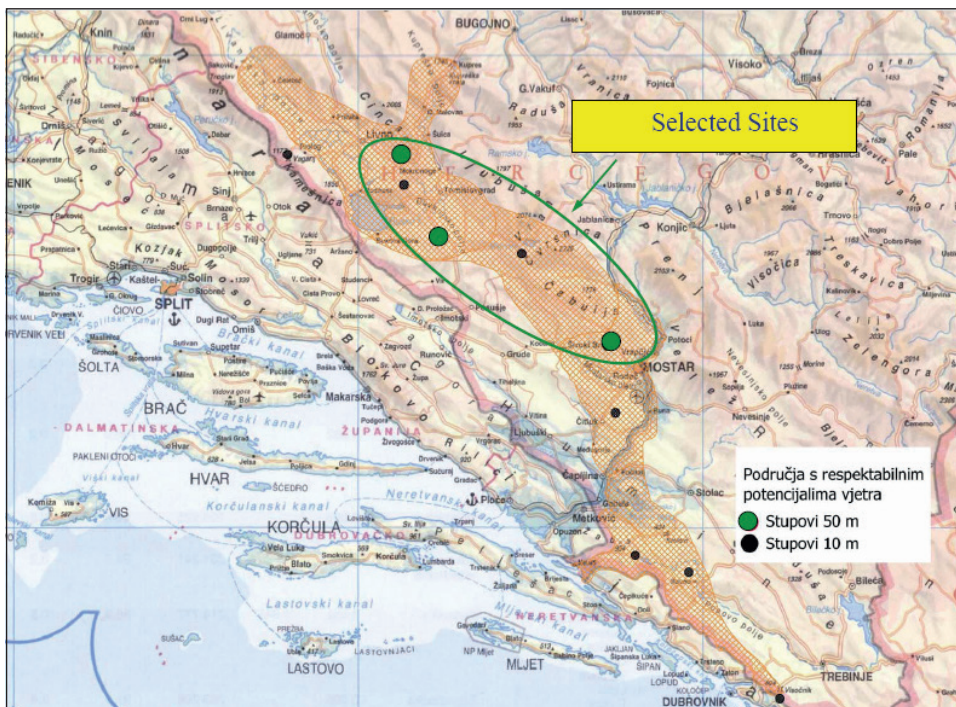
Sl. 4. Sistem meteoroloških stanica
Republike Srpske

Tabela 1. Oznake meteoroloških stanica u RS

14530	Drinić	14538	Srbac	14547	Šipovo	14562	Bijeljina
14531	Ribnik	14539	Gradiška	14550	Derventa	14563	Zvornik
14534	Mrakovica	14542	Banja Luka	14551	Doboj	14564	Srebrenica
14535	Novi Grad	14545	Mrkonjić Grad	14555	Petrovo	14565	Han Pijesak
14536	Prijedor	14546	Kneževo	14649	Nevesinje	14655	Gacko
14656	Čemerno	14658	Sokolac	14662	Višegrad	14663	Rudo
14664	Čajniče	14665	Foča	14667	Bileća	14668	Trebinje

Za određivanje energetskeg potencijala vjerna na kopnu, najpouzdanija su merenja karakteristika vetra sa specijalizovanih mernih stanica za vetar postavljenih u blizini lokacije na kojoj se planira izgradnja vetroparka. U Republici Srpskoj takva merenja su u toku na nekoliko lokacija, što nije dovoljno za formiranje atlasa vetra, ali se može koristiti za verifikaciju atlasa dobijenog drugim postupcima.

U 2001. godini, Elektroprivreda HZ HB iz Mostara (EP HZHB) započela je istraživanje i razvoj projekta korišćenja vetra uz finansijsku pomoć Vlade Španije.

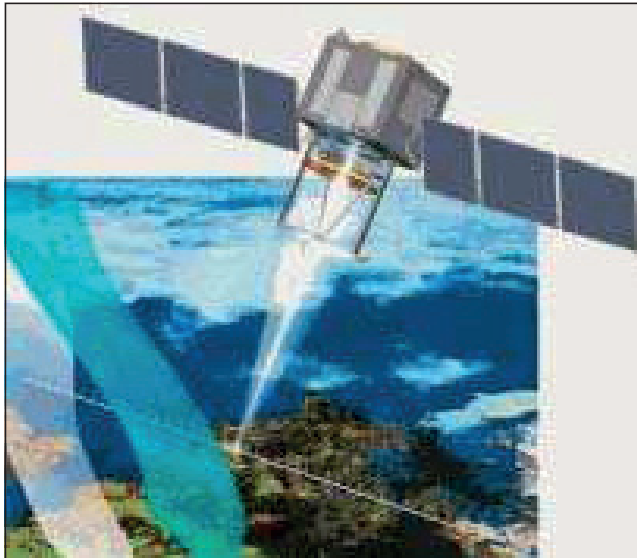


Sl. 5. Područje sa tehnički visokoiskoristivim potencijalom vetra na području HZBH u BiH

Na osnovu projekta strane konsultantske firme, postavljeno je 10 mernih stubova visine 10 m i 3 stuba visine 50 m.

Na osnovu rezultata merenja u toku kampanje koja je trajala duže od godinu dana, formirana je mapa sa naznačenim tehnički iskoristivim potencijalom vetra prikazana na slici 5. Studija izvodljivosti pokazala je da je na naznačenom području moguće izgraditi čak tri vetroparka. Projekat izvodljivosti urađen je za područje sa najvećim utvrđenim energetskim potencijalom na osnovu merenja.

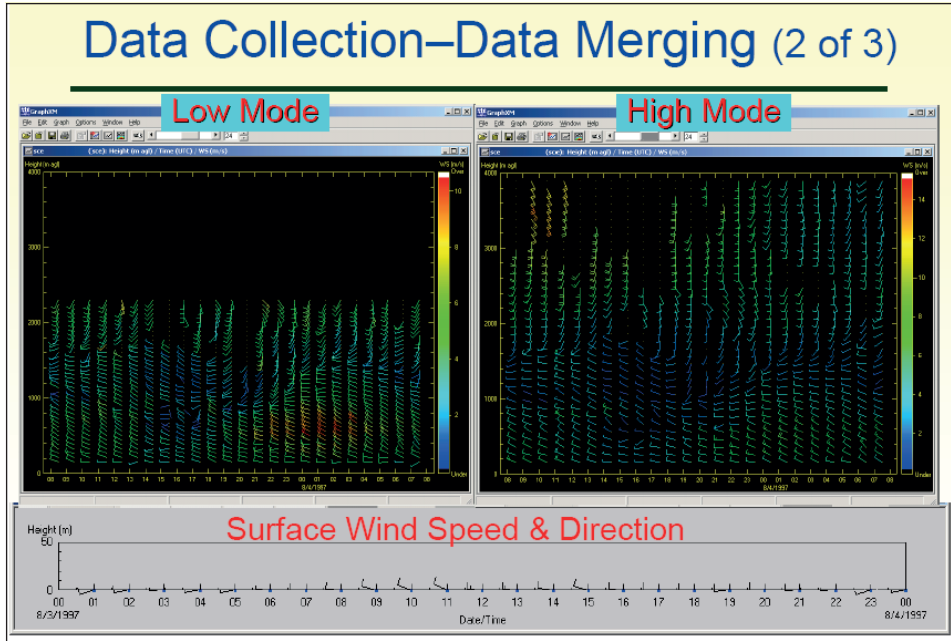
Za izradu atlasa vetra na širem području moguće je koristiti podatke o vetru sa satelita. Stacionarni sateliti u polarnoj orbiti snabdeveni Dopler lidarom za merenje brzine vetra mogu se u principu koristiti za formiranje baze podataka o vetru iznad površine Zemlje. Ovaj način merenja daje daleko preciznije podatke za određivanje energetskog potencijala vetra u priobalnim područjima, ali se i teh-



Sl. 6. Prikaz satelita za merenje brzine vetra pomoću Dopler lidara

nika satelitskih merenja na kopnu sve više usavršava. Kvalitet podataka dostiže kvalitet radiosondnih merenja sa meteorološkim balonima. Međutim, najpreciznije dobijeni desetominutni rezultati satelitskih merenja karakteristika vetra nisu javno dostupni, već je moguće dobiti podatke samo u gruboj prostornoj i vremenskoj rezoluciji. Na slici 6 prikazan je izgled jednog satelita koji je opremljen Dopler lidarom.

NASA, preko svog programa Earth science research, obezbeđuje podatke od značaja za studije klime i klimatskih promena. Baze podataka uključuju dugoroč-



Sl. 7. Izgled grafičkog prikaza podataka o vetru u toku 24 časa-8.3.1997. godine

ne podatke procenjenih meteoroloških veličina i podatke o fluksu solarne energije na površini Zemlje. Za određivanje tehnički iskoristivog energetskeg potencijala vetra od značaja je sledeće:

- Studije procene energetskeg potencijala vetra u dužem vremenskom periodu zahtevaju prostorno i vremenski homogene baze podataka visoke rezolucije, kao i podatke o orografiji terena.
- Za izradu atlasa vetra moguće je koristiti podatke satelitskih merenja u dužem periodu vremena, kao i satelitske podatke o orografiji terena.

METODOLOGIJA IZRADE ATLASA VETRA NA OSNOVU SATELITSKIH PODATAKA

Grafički prikaz podataka o vetru na ekranu u okviru programa NASA GMAO GEOS-1 dat je na slici 7.

Intenzitet i smer brzine vetra dati su do visine od 4000 m, zavisno od moda merenja, a zatim je izvršena ekstrapolacija podataka na nivou površine zemlje. Smer zastavice predstavlja smer vetra, dok boja zastavica odgovara intenzitetu brzine.

Single level cloud motion vector winds obtained from geostationary satellite images
SSE (Surface meteorology and Solar Energy)



NASA Surface meteorology and Solar Energy -
Available Tables



Latitude 42 / Longitude 17 was chosen.

Meteorology (Wind):

Monthly Averaged Wind Speed At 50 m Above The Surface Of The Earth (m/s)													
Lat 42 Lon 17	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	5.97	6.38	6.01	5.55	4.49	4.32	4.48	4.62	4.43	5.34	6.02	6.37	5.32

Sl. 8. Tabela koja sadrži rezultate merenja brzine vetra za svaki mesec na visini 50 m iznad terena. Usrednjavanje je vršeno za period od 10 godina (Dat je primer za period od jul 1983 – jun 1993). Podaci su prikupljeni svaka tri sata.

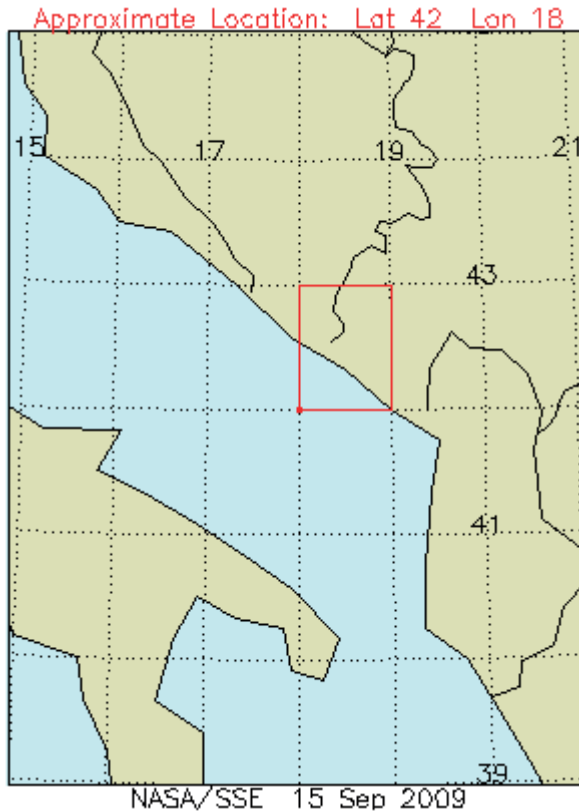
Baza podataka sadrži niz meteoroloških veličina homogeno raspoređenih u prostoru i vremenu. Prilikom korišćenja baze podataka, prvo se izabere odgovarajuće područje na površini zemlje izborom geografskih koordinata ili direktno klikom na određeni segment u grafičkom prikazu zemlje. Prostorna rezolucija baze definisana je koordinatnom mrežom pa se u stvari bira određeni segment mreže. Na slici 8. prikazana je tabela sa satelitskim podacima o vetru za izabrani segment u paralelogramu određenom geografskim koordinatama preseka njegovih dijagonala. Tabela sadrži srednje mesečne vrednosti intenziteta brzine na visini 50 m iznad tla usrednjene za ceo segment i za usrednjenu nadmorsku visinu površine segmenta. Dugoročni podaci podrazumevaju usrednjavanje po vremenu i za period od 40 godina.

Slika 9 daje grafički prikaz segmenta mreže za koji je izvršeno usrednjavanje podataka o vetru. Moguće je preuzeti i srednje mesečne vrednosti brzine za pojedine sate u toku dana kada je obavljeno merenje (Tabela na slici 10), dok su podaci o pravcu vetra prikazani na slici 11.

Osim prikazanih tipova baza podataka, postoje i sledeće baze podataka:

- Razlika maksimalne i minimalne srednje mesečne brzine na visini 50 m u %
- Modelovana srednja brzina i pravac vetra na visini 10 m iznad tla čija hrapavost odgovara terenu koji je po karakteristikama površine (hrapavost) sličan aerodromu

- Srednja modelovana brzina vetra na različitim visinama u zavisnosti od pretpostavljene hrapavosti tla



Sl. 9. Mreža za koju postoji baza podataka o vetru na osnovu satelitskih osmatranja (NASA Surface meteorology and Solar Energy)

Monthly Averaged Wind Speed At 50 m Above The Surface Of The Earth For Indicated GMT Times (m/s)

Lat 42 Lon 17	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Average@0130	6.32	6.77	6.25	5.63	4.66	4.45	5.01	5.01	4.88	5.79	6.42	6.73	5.65
Average@0430	6.02	6.45	5.92	5.25	4.34	4.03	4.53	4.63	4.70	5.59	6.22	6.53	5.34
Average@0730	5.78	6.02	5.45	4.73	3.71	3.35	3.34	3.62	3.92	5.04	5.89	6.24	4.75
Average@1030	5.35	5.65	5.52	5.22	4.08	3.86	3.20	3.52	3.58	4.71	5.46	5.78	4.65
Average@1330	5.43	5.84	5.76	5.62	4.58	4.51	4.01	4.21	3.90	4.82	5.43	5.78	4.98
Average@1630	5.85	6.33	6.05	5.79	4.70	4.72	4.93	5.01	4.45	5.16	5.78	6.24	5.41
Average@1930	6.44	6.97	6.54	6.09	4.90	4.83	5.44	5.53	5.00	5.73	6.41	6.79	5.88
Average@2230	6.55	7.05	6.59	6.07	4.95	4.76	5.36	5.38	5.03	5.88	6.57	6.85	5.91

Sl. 10. Srednje vrednosti brzine vetra u toku dana, takozvani dnevni hod vetra takođe je sadržan u bazi satelitskih podataka

Monthly Averaged Wind Direction At 50 m Above The Surface Of The Earth (degrees)

Lat 42 Lon 17	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
10-year Average	113	107	106	113	112	101	73	59	56	68	79	83

Sl. 11. Tabela sa podacima o pravcu vetra. Baza podataka za pravac vetra uređena je na isti način kao i baza podataka o intenzitetu brzine

Modelovanje je vršeno prema logaritamskoj relaciji:

$$V = V_0 * (H / H_0)^\alpha$$

Where:

V_0 = wind speed at the original height

V = wind speed at the new height

H_0 = original height

H = new height

α = surface roughness exponent

Podaci su dobijeni pomoću slika sa geostacionarnog satelita čijom obradom je određen vektor brzine vetra na osnovu kretanja oblaka na datoj visini.

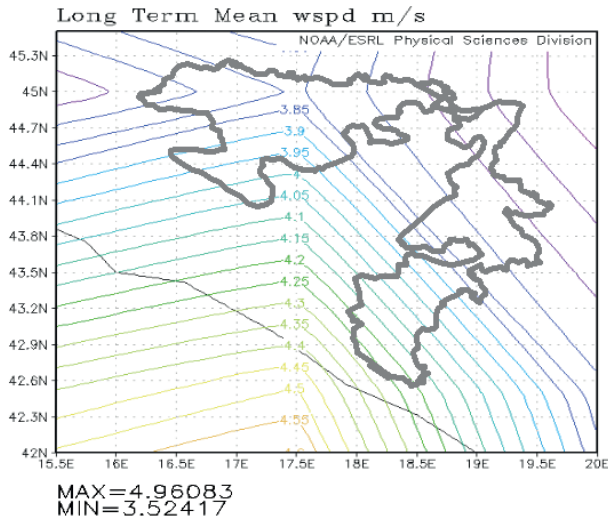
ATLAS VETRA REPUBLIKE SRPSKE

U ovom radu korišćeni su podaci U. S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA /4/. Vremensko usrednjavanje vršeno je za period 40 godina, odnosno dobijeni su dugoročni vremenski podaci o brzini vetra. Slika 12 prikazuje linije iste brzine vetra (izolinije) na godišnjem nivou za teritoriju Republike Srpske. Ova karta atlasa vetra relevantna je za ceo radni vek jednog vetroparka koji iznosi 20 do 25 godina. Vidi se da je usrednjena brzina na visini 50 m mala i nedovoljna kao tehnološki iskoristiv potencijal vetra. Ovo je očekivano pošto su prikazane usrednjene vrednosti brzine vetra za veliku površinu i za usrednjenu nadmorsku visinu terena. Efekat reljefa (orografija) igra odlučujuću ulogu u određivanju energetskog potencijala vetra na lokalnom nivou. Takođe veliku ulogu igra i hrapavost terena.

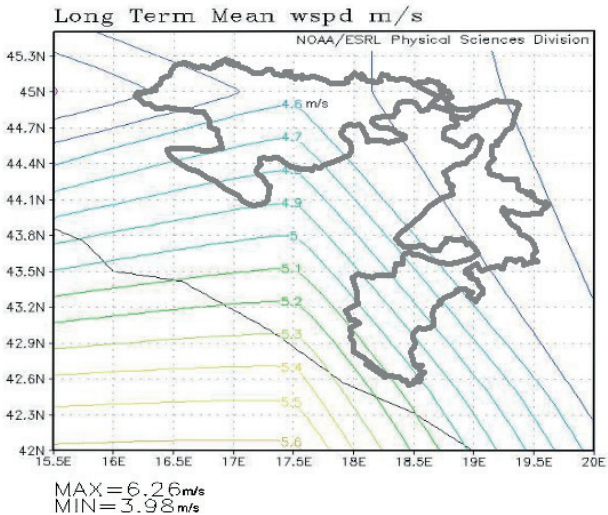
Radi poređenja prikazane su srednje vrednosti brzine u toku meseca januara usrednjene za period 40 godina (Sl. 13). Vidi se da je brzina vetra u januaru znatno veća od srednje godišnje brzine.

Atlas vetra se obično prikazuje u segmentima datog opsega intenziteta brzine. Ovakav prikaz dat je na slici 14 za mesec januar /5/. Da bi se dobio atlas vetra koji uzima u obzir orografiju terena, potrebno je kombinovati baze podataka o vetru

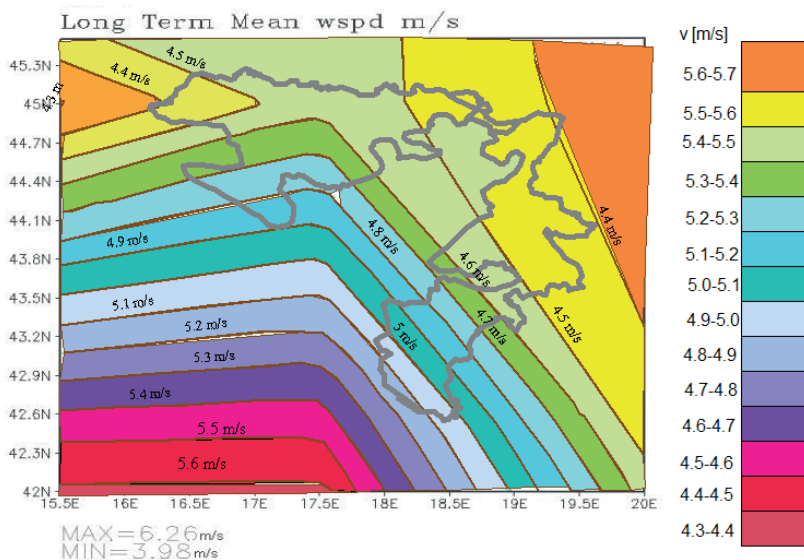
sa bazom podataka o nadmorskoj visini. Ovakve karte vetrova daju se za različite visine iznad tla i za više karakterističnih tipova hrapavosti terena. Obično se koriste visine 10 m, 25 m, 50, m, 100 m i 200 m i četiri tipa hrapavosti klase 0, 1, 2 i 3.



Sl. 12 Mapa srednje brzine vetra u toku godine za period 40 godina



Sl 13. Srednja brzina vetra u toku meseca januara za period 40 godina



Sl. 14. Atlas vetra Republike Srpske – januar

POREĐENJE SA DRUGIM ATLASIMA VETRA RS

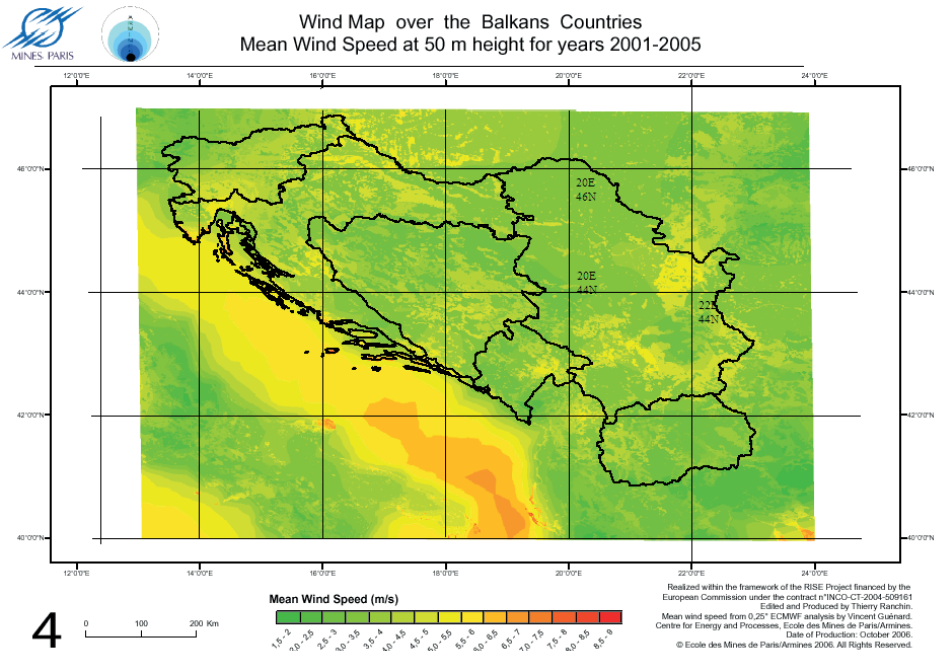
Atlasi vetra koji kombinuju satelitske podatke i podatke orografije formiraju se na bazi nekog od modela atmosfere. Na osnovu modela najverovatnijeg stanja atmosfere i podataka sa evropskih satelita prikupljenih u periodu 2001-2005. godina, institut ARMINES je uradio atlas vetra balkanskih zemalja prikazan na slici 15 na osnovu ECMWF satelitskih snimaka i mezo modela. Atlas je dat za visinu 50 m iznad tla i na području RS ne predviđa veliki tehnički iskoristiv potencijal vetra.

Takođe je urađen i jedan atlas vetra na bazi satelitskih podataka, čiji je završetak najavljen u dole prikazanom novinskom tekstu, ali ovaj atlas nije dostupan široj javnosti, niti se može koristiti za naučni rad.

BIH ELECTRONIC WIND ATLAS



German Development Bank-KfW. financed a creation of the Electronic Wind Atlas for territory of Bosnia and Herzegovina, which have been handed over to BiH Minister of Foreign Trade and Economic Relations by German Ambassador to BiH Joachim Schmidt. BiH Win Atlas is produced in electronic format, using the satellite recordings, containing meteorological data which had been collected within a period of over 30 years. Atlas will present largely applicable and useful tool for various wind energy efficiency calculations, as well as for the identifications of the most suitable locations for construction of Wind farms in our country. Furthermore, this atlas will be used along the preparation of BiH Energy Sector Study, particularly in regard to the definition of its wind potential, which theoretical availability is currently estimated at 2,000 MW, or minimally 900 MW of energy suitable for commercial exploitation.



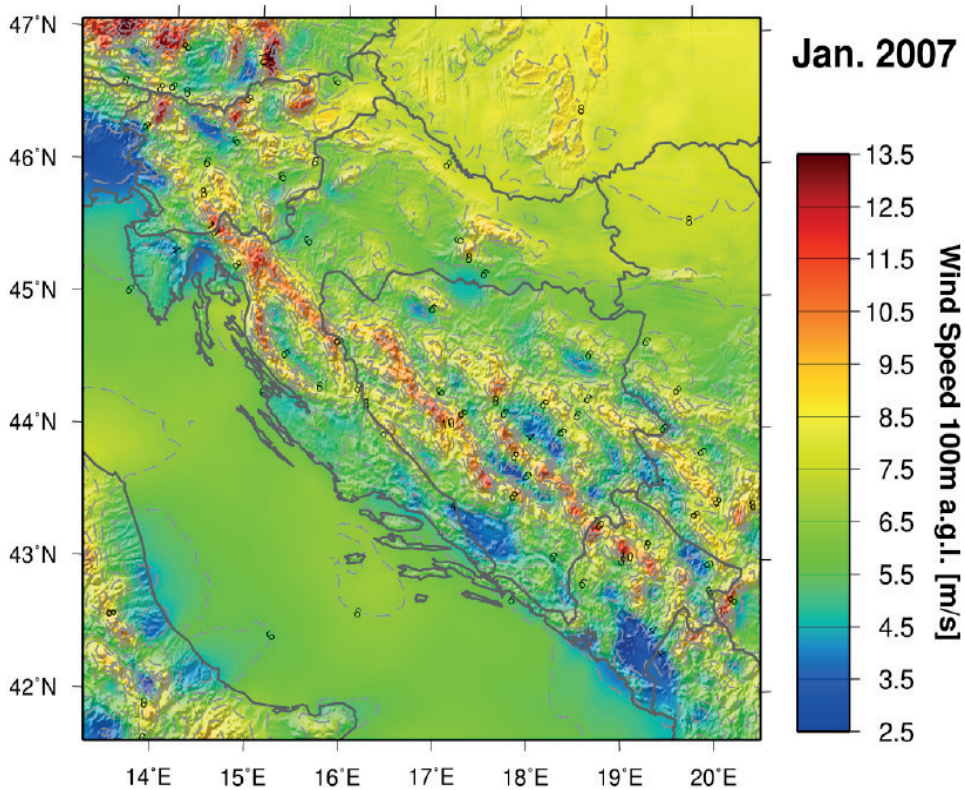
Sl. 15. Mapa vetra na visini 50 m iznad tla-model najverovatnijeg stanja atmosfere (ARMINES)

Za period 2004-2008 godina, firma ANEMOS je na osnovu analize NCEP/NCAR /6/ baze podataka kao graničnog uslova, primenom nehidrostatičkog MM 5 /7/ modela simulacije na mezo skali formirala desetominutnu bazu podataka o vetru za BiH. Ova baza podataka uređena je u horizontalnoj rezoluciji 5 km x 5 km.

Slika 16 prikazuje ovu mapu za visinu 100 m iznad tla za mesec januar 2007. godine. Poređenjem sa reljefom područja može se uočiti da i na visini od 100 m postoji značajan uticaj orografije terena na brzinu vetra. Da bi se, polazeći od atlasa vetra koji ne uračunava topografiju terena (slika 14), dobila mapa vetra koja uzima u obzir uticaj orografije, neophodno je kombinovati baze podataka o vetru i orografiji.

Na slici 17, na orografsku kartu terena ucrtane su izolocije brzine vetra sa slike 13. Ovakav prikaz omogućuje da za svaki opseg brzina vetra procenimo brzinu u nekom području na osnovu visine terena i dominantnog pravca vetra za koji reljef predstavlja zaklon, odnosno zavetrinu.

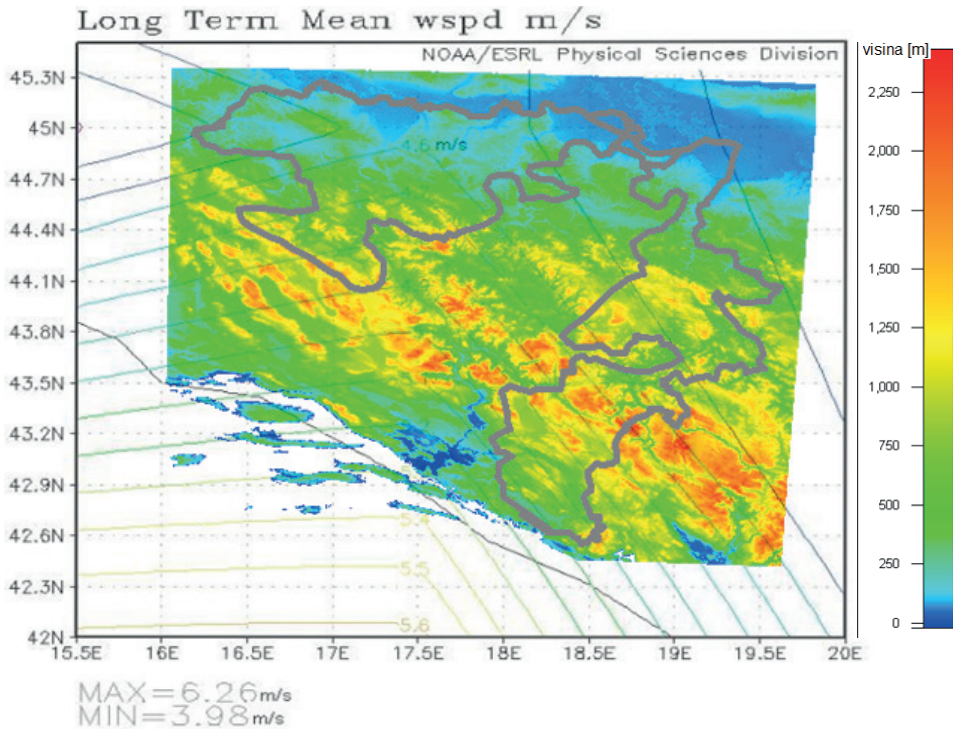
Potrebno je napomenuti da su izolocije brzine vetra u mesecu januaru dobijene uz pretpostavku srednje nadmorske visine terena za celokupno područje 25 km x



Sl. 16. Karta vetra na visini 100 m iznad tla za mesec januar 2007. godine (ANEMOS)

25 km i uz pretpostavku homogene hrapavosti. Za izabranu lokaciju potrebno je izvršiti korekciju srednje brzine vetra uračunavanjem efekta lokalnog reljefa i lokalne hrapavosti terena.

ANEMOS uzima u obzir orografiju (reljef), pa njegova mapa vetra veoma podseća na reljef sa slike 17. Rezolucija mape ANEMOS-a je 5 km x 5 km, dok je u ovom radu prikazana mapa rezolucije 25 km x 25 km. Analizom karte na slici 17, moguće je, unutar područja sa brzinom vetra u datom opsegu, izabrati lokaciju sa najpovoljnijim vetrom na osnovu posmatranja reljefa. Ovo je ilustrovano u primeru na slici 18 koja prikazuje izolinije srednje brzine vetra ucrtane na mapi ANEMOS-a sa slike 16. Za izabrano područje u kom se analizira brzina vetra izabere se opseg brzina koristeći izolinije, a zatim se uticaj reljefa utvrđuje prema relativnom odnosu brzina označenom na skali pomoću boja. Slika služi samo kao ilustracija postupka, pošto je mapa ANEMOS-a data za visinu 100 m iznad tla, a izolinije su prikazane na visini 50 m iznad tla.



Sl. 17 Izolinije brzine vetra na orografskoj karti terena

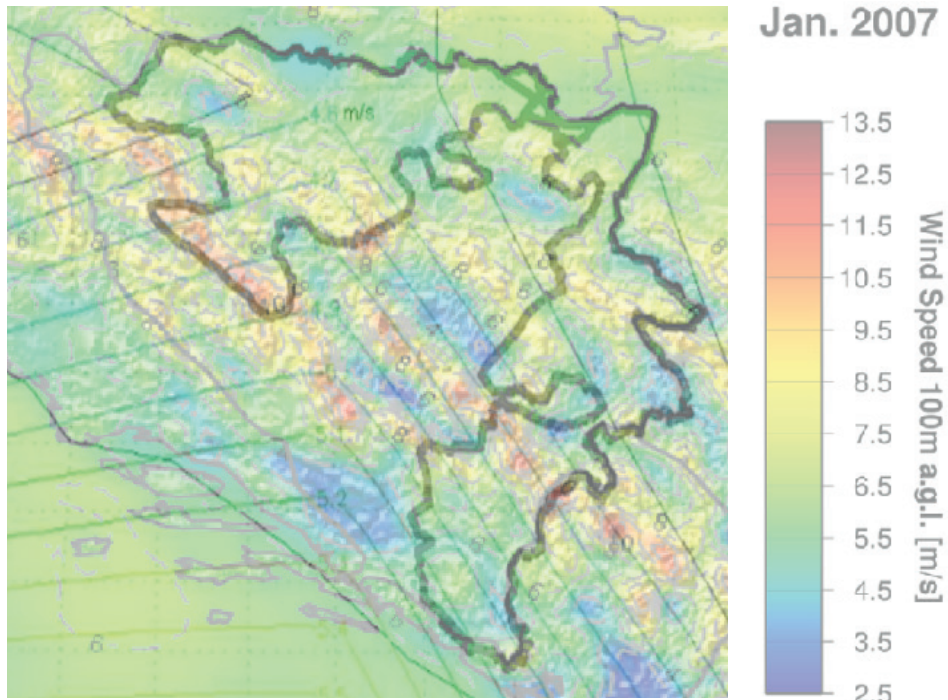
ZAKLJUČAK

Meteorološke stanice u Republici Srpskoj su relativno dobro prostorno raspoređene, međutim, korišćenje njihovih podataka o vetru zahteva detaljno modelovanje svake stanice ponaosob zbog uticaja lokalnog reljefa, teksture površine terena (hrapavost) i prepreka na brzinu vetra.

Korišćeni su podaci o vetru dobijeni satelitskim merenjima u rezoluciji 25 km x 25 km, preračunati na visinu 50 m iznad tla i na uniformnu hrapavost. Označavanjem linija iste brzine vetra na mapi reljefa terena (orografije), moguće je proceniti uticaj reljefa na brzinu vetra u posmatranom području.

Potencijal vetra Republike Srpske raste idući u smeru severozapad-jugoistok.

Poređenje sa atlasom vetra firme ANEMOS, u rezoluciji 5 km x 5 km, pokazuje da se na osnovu satelitske mape vetra i podataka o reljefu može izabrati područje pogodno za postavljanje specijalizovane merne stanice za vetar.



Sl. 18. Izolinije prosečne brzine vetra u januaru za period 40 godina (visina 50 m) ucrtane na mapi ANEMOS-a sa slike 16

LITERATURA

- /1/ Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council, April 23, 2009.
- /2/ Earth Day, Obama Talks on Wind Power, 2009. http://www.cbsnews.com/stories/2009/04/22/tech/main_4961315.shtml
- /3/ Ib Troen and Erik Lundtang Petersen, *European Wind Atlas*, RISØ National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.
- /4/ U. S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA <http://www.doc.gov>, <http://www.noaa.gov>
- /5/ M. Zlatanović, D. Mirjanić and J. Šetrajčić „Energetski potencijal vetra Republike Srpske”, *Forum: Obnovljivi izvori energije*, Novi Sad, 2009.
- /6/ NCEP/NCAR Reanalysis Data provided by the NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA.
- /7/ MM 5 was developed in cooperation with the Pennsylvania State University and the University Cooperation for Atmospheric Research (UCAR).

WIND ENERGY POTENTIAL OF REPUBLIKA SRPSKA

ABSTRACT:

The use of renewable energy sources is significantly increased due to climate changes produced by green house gas emission partially from energy sector. The wind is the most important renewable energy source acceptable from both economy and ecology aspects. In European Community, USA, Australia, Canada, China, India and many other countries, the use of wind is supported by specific policies, while in surrounding of Republika Srpska significant activities to produce electricity from wind are also present. In Republika Srpska Ministry of science and technology is financing the project "Renewable energy sources – wind energy potential of Republika Srpska". Additionally, two wind atlases were produced, one as the donation of the German government and the second one prepared by the company ANEMOS based on satellite data. The use of meteorological stations data is difficult since no complete data in digital form exists and due to the position of wind measuring equipments, which require modeling of local orography, roughness and obstacles. Some specialized wind measuring masts were installed in surrounding of Trebinje and in mountain Romanija. In this paper a rough wind resource map of 25 km x 25 km resolution is presented based on satellite wind data. It was shown that the wind velocity increases in northwest–southeast direction, which is in agreement with the other investigations. This map in combination with the orography and roughness data may be used to select the positions for micrositing procedure for the assessment of local wind potential.