

UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET
KATEDRA ZA TERMOTEHNIKU,
TERMOENERGETIKU
I PROCESNU TEHNIKU

**TEHNOEKONOMSKA ANALIZA MOGUĆNOSTI
ISKORIŠĆENJA ENERGIJE VETRA
U ZAJEČARSKOM OKRUGU**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:
dr Gradimir Ilić, red. prof.

KANDIDAT:
Radenković David 7907

Niš, 2007.

SADRŽAJ

Uvod	1
1. Obnovljivi izvori energije	2
1.1. Analiza stanja i perspektive razvoja obnovljivih izvora energije do 2020. godine u Evropskoj Uniji i Srbiji	2
1.1.1. Politika i ciljevi Evropske Unije u domenu obnovljivih izvora energije	3
1.1.2. Trenutni status korišćenja obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji i predviđeni ciljevi do 2015. godine	5
1.2. Analiza stanja i perspektive razvoja primene energije vetra u svetu i Evropskoj zajednici do 2020. godine	6
2. Meteorologija vetra	10
2.1. Fizički model atmosferskog graničnog sloja. Osnovne definicije	10
2.2. Stratifikacija atmosfere	11
2.3. Topografija	12
2.3.1. Hrapavost površine	12
2.3.2. Prepreke	12
2.3.3. Orografija	12
2.4. Vreme i klima vetra	14
2.5. Meteorološki modeli	15
2.5.1. Numerički modeli	15
2.5.1.1. Dijagnostički modeli	16
2.5.1.2. Prognostički modeli	16
3. Programski paketi u meteorologiji energije vetra	17
3.1. Analiza postojećih programskih paketa	17
3.2. Programski paket WAsP 8.3 - korišćen u radu	17
4. Energetska optimizacija vetroenergane	20
4.1. Izbor mikro lokacije vetroenergane	21
4.2. Opremanje farme vetrogeneratorskih turbina	26
4.2.1. Tehničke karakteristike vetrogeneratorske turbine Enercon E48	27
5. Ekonomska analiza vetroenergane	30
5. 1. Studije o projektu	30
5.1.1. Prethodne studije opravdanosti	31
5.1.2. Studije opravdanosti	31
5.2. Finansijsko računovodstvo projekata	32
5.2.1. Osnovni finansijski izveštaji	32
5.2.2. Bilans tokova gotovine	34
5.2.3. Vremenska vrednost novca	36

5.3.	Metode ekonomskog ocenjivanja projekata	37
5.3.1.	Analiza profitabilnosti	37
5.3.2.	Finansijska analiza	37
5.4.	Ekonomski pokazatelji uštede u internim i eksternim troškovima	38
5.5.	Finansijska analiza projekta vetroenergane	39
	Zaključak	44
	Literatura	

UVOD

Naglo smanjenje prirodnih resursa fosilnih goriva, pre svega nafte, stavlja u prvi plan problem obezbeđivanja novih energetske resursa za proizvodnju finalne energije, pre svega električne i toplotne energije, kao i novih energenata za transportna sredstva. Sa druge strane, uticaj emisije štetnih gasova pri sagorevanju fosilnih goriva na životnu sredinu je dostigao kritični nivo (globalno otopljanje i promena klime izazivaju nepogode i štetna dejstva ogromnih razmera), pa je prevashodni zadatak - zaštita životne sredine. Na osnovu ovih činjenica neophodno je korišćenje alternativnih obnovljivih izvora energije kao primarnih energenata (voda, vetar, geotermalna energija). Potencijal obnovljivih izvora energije je poznat, međutim, njihova eksploatacija do sada nije dostigla zadovoljavajući nivo iz više razloga, od kojih su najvažniji: ekonomska opravdanost, pouzdano razvijene tehnologije, tradicionalne navike, i dr. Zbog nabrojanih razloga, većina zemalja u svetu, a pre svega članice EU, preduzimaju različite stimulativne i regulativne mere za što većim korišćenjem obnovljivih izvora energije.

Vetar je jedan od najčistijih obnovljivih izvora energije sa ogromnim potencijalom i bez troškova sirovininskih primarnih energenata, tako da je korišćenje ovog izvora doživelo pravu ekspanziju u proizvodnji "zelene" električne energije. Zemlje kao što su Nemačka, Španija, Danska, Sjedinjene Američke Države itd., imaju značajno velike instalirane kapacitete vetroenergana. U našoj zemlji, korišćenje vetra, kao primarnog energenta za proizvodnju električne energije, ne postoji. Međutim, suočeni sa željom da Srbija postane članica EU, nameće se potreba da se već u fazi tekućih pregovora o pridruživanju mora voditi računa o regulativnim normama EU u ovoj oblasti. Opravdano je pretpostaviti da će u bliskoj budućnosti Srbija biti suočena sa zahtevima za gradnjom vetroenergana.

Metode za procenu potencijala vetra i projektovanje vetroenergana su uglavnom poznate, dok su novi savremeni računarski programi koji su prilagođeni današnjim kapacitetima personalnih računara, doživeli pravu ekspanziju. U ovom radu za procenu potencijala vetra na brdovitim mikro lokacijama korišćen je softverski paket WasP, koji predstavlja jedan od najčešće korišćenih i najviše testiranih paketa. U ovom radu je primenjena metodologija za procenu potencijala vetra na području Zaječarskog okruga, u okviru kojeg su definisane mikro lokacije Tupižnica i Rtanj, izabrane na osnovu većeg broja parametara kvaliteta koje određena mikro lokacija mora zadovoljiti.

Rad je tako koncipiran da se prva glava odnosi na opis trenutnog stanja i predviđanja korišćenja obnovljivih izvora energije, posebno vetra, u EU. U drugoj glavi su dati osnovni pojmovi vezani za meteorologiju vetra, uključujući numeričke modele meteorologije vetra, na osnovu kojih rade postojeći CFD računarski programi za simulaciju atmosferskih pojava. U trećoj glavi opisan je princip rada korišćenog softvera WASP. Četvrta glava je posvećena energetske optimizaciji i data analiza rezultata dobijenih korišćenjem pomenutih računarskih programa. Na osnovu raspoloživog potencijala vetra na datoj lokaciji, definisan je optimalan instalacioni kapacitet vetroenergane a zatim izvršena optimizacija s obzirom na dominantne pravce vetra i energetske gubitke koji se javljaju u vrtložnim tragovima iza rotora turbina. Petom glavom obuhvaćena je ekonomska analiza vetroenergane, u okviru koje je obrađena ekonomska ocena koja obuhvata osnovne finansijske pokazatelje instalirane vetroenergane, kao i kratku studiju opravdanosti projekta.

ZAKLJUČAK

Nakon izvršene tehnoekonomske analize projektovanog vetrogeneratorskog postrojenja, iz dobijenih podataka moguće je izvesti nekoliko zaključaka.

Kao prvo, na osnovu rezultata dobijenih simulacijom izvršenom u softverskom paketu WAsP, može se zaključiti da je za optimizaciju vetroenergetskog postrojenja veoma bitan izbor optimalne lokacije, tj lokacije sa što boljim potencijalima vetra za proizvodnju električne energije. Sem izbora lokacije, veoma važan element predstavlja i određivanje optimalnog rasporeda vetrogeneratorskih turbina, i to u cilju što veće godišnje produkcije električne energije farme vetrogeneratorskih turbina. Takođe je bitan i izbor tipa turbine prema opsegu osmotrenih brzina vetra na referentnoj meteorološkoj stanici koje se koriste kao ulazni podatak za dalja izračunavanja. Pri izboru optimalne lokacije, pre svega, treba voditi računa o potencijalima za produkciju energije i pristupačnosti, odnosno postojanju puteva, kao i odsustvu ljudi i telekomunikacionih uređaja. Za određivanje optimalnog položaja vetrogeneratorskih turbina neophodno je pratiti preporuku o minimalnom rastojanju između turbina u pravcu vetra (min 7D) i pravcu upravnom na pravac vetra (min 4D) gde je D – prečnik rotora VGT, a u cilju minimizacije gubitaka usled vrtložnih tragova. Prilikom izbora turbine presudne su njene karakteristike na primenjenoj lokaciji, a opseg brzina treba podesiti prema opsegu u kome izabrana turbina i radi. Na osnovu dobijene godišnje produkcije energije ne mogu se izvesti pouzdani zaključci, zato što WAsP- ov frekventni model sračunava na osnovu zadatih podataka. Zbog toga je poređenja radi realnije uzeti proizvod dobijene godišnje produkcije energije i procenat prihvaćenih podataka. Ovako dobijene vrednosti su dosta realnije u odnosu na prethodne, ali nisu za praktičnu primenu, jer bi tada trebalo ozbiljnije pristupiti problemu, a pored primene softvera obavezno izvršiti i neophodna terenska merenja.

Parametar	Tupižnica	Rtanj
Bruto AEP [MWh]	1041.26069	2596.18868
Neto AEP [MWh]	1038.34028	2586.31832
Srednja AEP [MWh]	1039.80049	2591.25350
Load factor	0.15	0.37

Load factor: Srednja AEP / (0.8MW x 365 x 24)

Pored lošeg energetskeg potencijala vetra, na neatraktivnost projekta veoma utiče i nepostojanje zakonske regulative koja bi omogućila formiranje tržišta produkcijom CO₂ i u našoj zemlji, jer tu leže značajni potencijali i prednosti električne energije proizvedene vetrom, kao obnovljivim izvorom energije u odnosu na klasično proizvedenu električnu energiju sagorevanjem fosilnih goriva. Ako se zna da se pri produkciji 1 MWh električne enrgije sagorevanjem domaćih lignita u atmosferu oslobodi oko 2 t CO₂,

može se zaključiti da bi se neemitovanjem CO₂ u atmosferu, produkcijom takozvane „zelene struje“, mogao ostvariti prihod od oko 15€/MW, što predstavlja sumu novca veoma značajnu za finansijske efekte poslovanja vetrogeneratorskog postrojenja. Sa druge strane mogućnost globalnog pristupa problemu mogla bi privući strane investitore da sredstva koja izdvajaju za takse usled produkcije CO₂ investiraju u našoj zemlji u takozvane „*green-field*“ investicije, čime bi došlo do otvaranja novih radnih mesta, što bi povoljno uticalo na bruto nacionalni proizvod.

Na osnovu izvršene finansijske analize i dobijenih rezultata može se zaključiti da je ekonomski neopravdano investiranje u izgradnju projektovane VE, zbog generalno lošeg energetskog potencijala vetra na razmatranoj lokaciji. Veoma dug period povraćaja investicija govori o neatraktivnosti razmatranog projekta za potencijalne investitore.

G FINANSIJSKI INDIKATORI: lokacija **Tupižnica**

Prosta stopa prinosa na investicije (godina 01)	ROI	-9.30	[%]
Prost period povraćaja investicija	SPB	104.08	[god]
Neto sadasnja vrednost investicije	NPV	-3738061	[EUR]
Interna stopa prinosa	IRR	0.00	[%]
Dinamicki period povraćaja investicija	DPB	1.25	[god]
Odnos dobitaka i troškova	B/C	1.07	[-]
Odnos neto dobitaka i početnih troškova	B/C	8.48	[-]
Srednje godišnje uštede tokom zivotnog veka	LCS	-476603	[EUR/god]

G FINANSIJSKI INDIKATORI: lokacija **Rtanj**

Prosta stopa prinosa na investicije (godina 01)	ROI	-8.89	[%]
Prost period povraćaja investicija	SPB	98.11	[god]
Neto sadasnja vrednost investicije	NPV	-7604774	[EUR]
Interna stopa prinosa	IRR	0.00	[%]
Dinamicki period povraćaja investicija	DPB	0.80	[god]
Odnos dobitaka i troškova	B/C	1.11	[-]
Odnos neto dobitaka i početnih troškova	B/C	10.51	[-]
Srednje godišnje uštede tokom zivotnog veka	LCS	-969608	[EUR/god]

Uporednom analizom lokacija Tupižnica i Rtanj može se zaključiti da energetski potencijal vetra za proizvodnju električne energije ima velikog uticaja na finansijske indikatore projektovanih vetrnogeneratorskih postrojenja, jer se sa povećanjem potencijala povećavaju i finansijski indikatori. Broj instaliranih vetrogeneratorskih turbina, takođe ima veoma veliki uticaj jer značajno povećava potrebna investiciona ulaganja, a time smanjuje finansijske indikatore. To praktično znači da treba težiti ostvarenju

što bolje godišnje produkcije električne energije sa što manje instaliranih vetrogeneratorskih turbina, odnosno da puno pažnje treba posvetiti optimizaciji vetr generatorskog postrojenja.

Takođe se može uočiti i nepouzdanost statičkih kriterijuma za ocenu projekata, jer ne uzimaju u obzir vremensku vrednost novca, pa time ni dinamičke osobine kapitala.

Na samom kraju, može se reći da se slična metodologija može primeniti i na drugim područjima u našoj zemlji, čime bi bilo omogućeno lakše uvođenje iskorišćenja našeg potencijala energije vetra, a time i većoj energetske nezavisnosti zemlje.

LITERATURA

1. Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju, SEC (2005) 478 final
2. EC(1997) Energy for the future: renewable sources of energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM(1997) 599 final (26/11/1997)
3. European Commission, 29 November 2000. COM (2000) 769 final
4. EC (2001a) Directive 2001/77/EC of The European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
5. Directive proposal on the energy performance of buildings. COM (2001) 226 final
6. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels and other renewable fuels for transport
7. Directive 2003/96/EC of 27 October 2003 on restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity
8. Annex of Directive 2001/77/EC for EU-25
9. Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council of 26 Jun 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 9/92/EC
10. COM (2003) 698 final Proposal for Council regulation amending Regulation (EC) No.1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers
11. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC
12. Strategija privrednog razvoja Republike Srbije do 2010. godine, Program 44: Korišćenje biomase za proizvodnju toplotne i električne energije, 2002
13. Strategija privrednog razvoja Republike Srbije do 2010. godine, Program 46: Korišćenje potencijala malih vodotokova za proizvodnju električne energije, 2002
14. Vlada RS, Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj, NPEE 11-113A, Energetski potencijal i karakteristike ostatka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko korišćenje u Srbiji, 2003
15. Vlada RS, Ministarstvo energetike i rudarstva, Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, 2005
16. Wind Power Meteorology, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1997
17. Air Pollution Modeling, Paolo Zanetti, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston. 1990
18. Panofsky and Dutton, Review, 1984
19. Pielke, Review, 1984
20. Predrag Živković, Procena energije vetra na mezo/mikro lokacijama u terenima kompleksne orografije-uporedna analiza metodologija (magistarski rad), Niš, 2006
21. Studija: Mogućnosti korišćenja energije vetra za proizvodnju električne energije, TEKON-TEHNOKONSALTING, doo, (2002)
22. Studija energetskog potencijala Srbije za korišćenje sunčevog zračenja i energije vetra, Ministarstvo nauke i životne sredine, EE704-1052A, (2005)
23. Republika Srbija, Agencija za energetsku efikasnost, Izrada energetskih bilansa u industriji i program obuke, Priručnik za ocenu i finansiranje projekata iz oblasti energetike, Atina, Decembar 2003.