

Procjena kvalitete prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana u RH

Šenhold, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:589762>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-11**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Sveučilišni studij

**PROCJENA KVALITETE PROGNOZE PROIZVODNJE
IZ VJETROELEKTRANA U RH**

Završni rad

Filip Šenhold

Osijek, 2021.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 03.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Filip Šenhold
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	4586, 24.07.2018.
OIB studenta:	25723843310
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Krešimir Fekete
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	Robert Noskov
Naslov završnog rada:	Procjena kvalitete prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana u RH
Znanstvena grana rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Predložena ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	03.09.2021.
Datum potvrde ocjene Odbora:	
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 05.09.2021.

Ime i prezime studenta:

Filip Šenhold

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4586, 24.07.2018.

Turnitin podudaranje [%]:

3 %

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Procjena kvalitete prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana u RH**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Krešimir Fekete

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada	3
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. Prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana u svijetu	4
3. VJETROENERGIJA I PREDVIĐANJE PROIZVODNJE	7
3.1. Problem vjetroenergije	7
3.2. Metode predviđanja	7
3.3. Budućnost metoda predviđanja	8
3.4. Vjetroenergija u Republici Hrvatskoj	8
4. PROGNOZA PROIZVODNJE U REPUBLICI HRVATSKOJ	10
4.1. Opis ispitivanja kvalitete prognoze proizvodnje iz VE u RH	10
4.2. Ulazni podaci	10
4.3. Analiza podataka	11
4.3.1. Prognoza 24 sata unaprijed	11
4.3.2. Prognoza 7 dana unaprijed.....	21
4.4. Procjena kvalitete prognoze	28
5. ZAKLJUČAK	31
LITERATURA	32
SAŽETAK	33
ABSTRACT	33
ŽIVOTOPIS	34

1. UVOD

Ljudi se koriste energijom vjetra već stotinama i tisućama godina, od vjetrenjača za obradu žita pa sve do plovidbe morima, energija vjetra je važan dio u ljudskom razvoju kroz cijelu povijest. U današnje se, tehnološki razvijeno doba, energija vjetra najviše koristi za proizvodnju električne energije.

Zagađenje zraka se povećava iz dana u dan te se obnovljivi izvori energije čine kao budućnost proizvodnje energije. Dostupnost fosilnih goriva i ostalih neobnovljivih izvora energije će se sa vremenom smanjiti pa se zbog toga pažnja prebacuje na razvoj obnovljivih izvora energije kako bi u budućnosti mogli zadovoljiti potražnju za električnom energijom.

Vjetroelektrane su jedan od ključnih proizvođača „čiste“ energije te im je uloga u obnovljivim izvorima energije zagarantirana.

Na probleme prilikom vođenja EES-a sa integriranim vjetroelektranama osvrnuli su se Josip Đaković i Igor Kuzle u radu: „ Status i klasifikacija metoda za predviđanje proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana “ [1] na 13. simpoziju o sustavu vođenja EES-a 2018. godine u kojemu govore o klasifikaciji metoda i opisu modela za predviđanje proizvodnje iz vjetroelektrana. 2012. godine na 10. simpoziju o sustavu vođenja EES-a, Ana Horvat, Tomislav Plavšić i Igor Kuzle u radu: „ Planiranje i vođenje elektroenergetskog sustava u uvjetima značajne integracije vjetroelektrana “ [2] dali su pregled stupnja prihvata vjetroelektrana u EES-u u RH i detaljnije opisali geografske i atmosferske prilike na području vjetroelektrana u RH te se također osvrnuli na probleme koji se pojavljuju prilikom vođenja EES-a sa značajnom integracijom VE. U RH nema puno znanstvenih radova na temu problematike prognoze proizvodnje iz VE dok je na svjetskoj razini ta tema dobro pokrivena, primjerice u radu „ Climatology of wind variability for the Shagaya region in Kuwait “ [4], S.M. Naegele, T.C. McCandless, S.J. Greybush, G.S. Young, S.E. Haupt i M. Al-Rasheedi govore o problemu prilikom integracije VE u EES Kuwaita i njegovu pustinjsku klimu. Također u znanstvenim radovima „Combined forecasting models for wind energy forecasting: A case study in China “ [5] (Ling Xiao, Jianzhou Wang, Yao Dong, Jie Wu) i „ A comparative study of optimal hybrid methods for wind power prediction in wind farm of Alberta, Canada “[3], (Nooshin Bigdeli, Karim Afshar, Amin Shokri Gazafroudi, Mostafa Yousefi Ramandi) opisane su metode i modeli za prognozu proizvodnje iz VE koje se koriste u Kini i Alberti.

U Republici Hrvatskoj su trenutno u redovnom pogonu 22 vjetroelektrane na području Hrvatskog primorja i Gorske hrvatske, te kako bi EES (elektroenergetski sustav) mogao funkcionirati, od velike je važnosti imati kvalitetnu prognozu proizvodnje iz vjetroelektrana. U ovom radu biti će obrađeni podaci o prognozi i proizvodnji iz vjetroelektrana u RH u svrhu procjene kvalitete prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana. Rad se sastoji od 5 poglavlja. U prvom poglavlju je dan pregled literature i osvrt na pojedine radove vezane za prognozu proizvodnje u svijetu. Treće poglavlje govori o karakteristikama i metodama prognoze proizvodnje iz VE sa osvrtom na RH. U četvrtom poglavlju odrađena je analiza podataka o proizvodnji i prognozi iz VE te su u petom poglavlju obrađeni rezultati analize.

1.1. Zadatak završnog rada

U radu je potrebno dati pregled literature koja obuhvaća prognozu proizvodnje iz vjetroelektrana sa posebnim osvrtom na modele korištene u RH. Na temelju dostupnih podataka, potrebno je izračunati kvalitetu prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana za različite primjere u RH.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana u svijetu

Svaka zemlja koja značajan dio električne energije proizvodi iz obnovljivih izvora energije, posebice energije vjetra, susreće se sa problemima koji nastaju zbog promjenjivosti i nepredvidivosti takvih izvora energije. Veliku ulogu u tome ima geografski položaj i reljef u čijoj se neposrednoj blizini vjetropark nalazi.

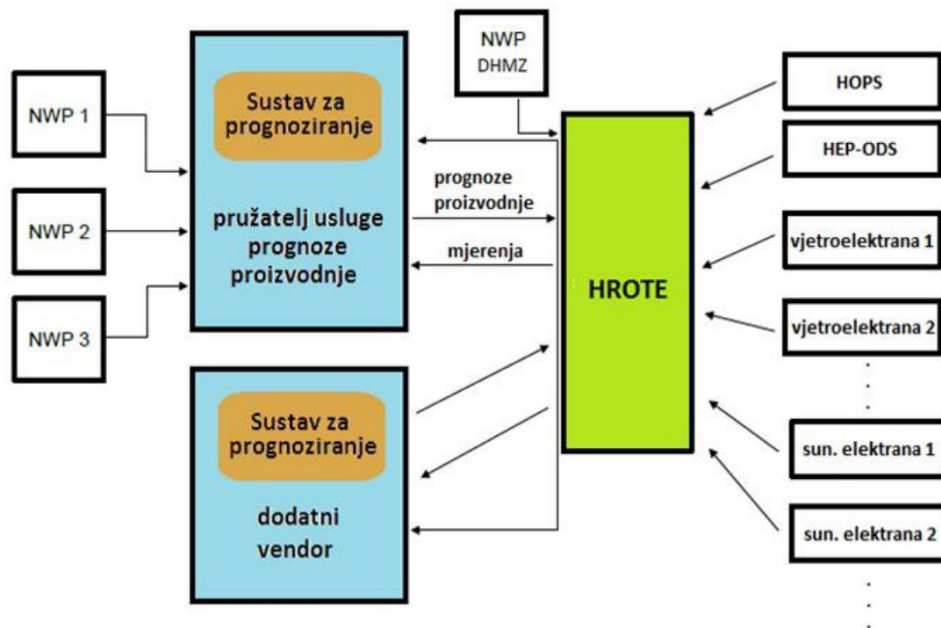
Predviđanja proizvodnje koja se baziraju na meteorološkim varijablama nailaze na određene probleme. Korištenjem nedovoljno točnih podataka za prognozu proizvodnje može doći do značajne pogreške u procjeni te zbog toga postoji potreba za jednostavnim načinom predviđanja proizvodnje sa što manjim brojem mjerenih ulaza. Korištenje povijesnih meteoroloških podataka za određeno područje se pokazalo kao dobar pristup u kanadskoj provinciji Alberti, gdje se ti podaci koriste u razvoju neuronskih mreža kako bi se ostvarilo bolje predviđanje proizvodnje. [3]

Sa problemom integracije vjetroelektrana susreće se i Kuwait, kojemu je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije u 2018. godini bila manja od 1% ukupne proizvodnje električne energije [4] Kako bi dostigao želenih 16% proizvodnje iz obnovljivih izvora energije do 2035. godine, Kuwait je primoran usvojiti metode predviđanja proizvodnje za svoju pustinjsku klimu i povećanjem potrebe za električnom energijom u ljetnom razdoblju. [4]

Mnoge zemlje svojim istraživanjima uvelike doprinose razvoju metoda predviđanja. Istraživanje provedeno u Kini (Combined forecasting models for wind energy forecasting: A case study in China) [5] opisuje predviđanje proizvodnje korištenjem kombinacija različitih metoda za predviđanje koje se pokazalo boljim od individualnih metoda. Razlog tome je što prilikom korištenja više metoda, svaka pojedina metoda dodatno doprinosi krajnjem rezultatu te tako predviđanje postaje točnije. [5]

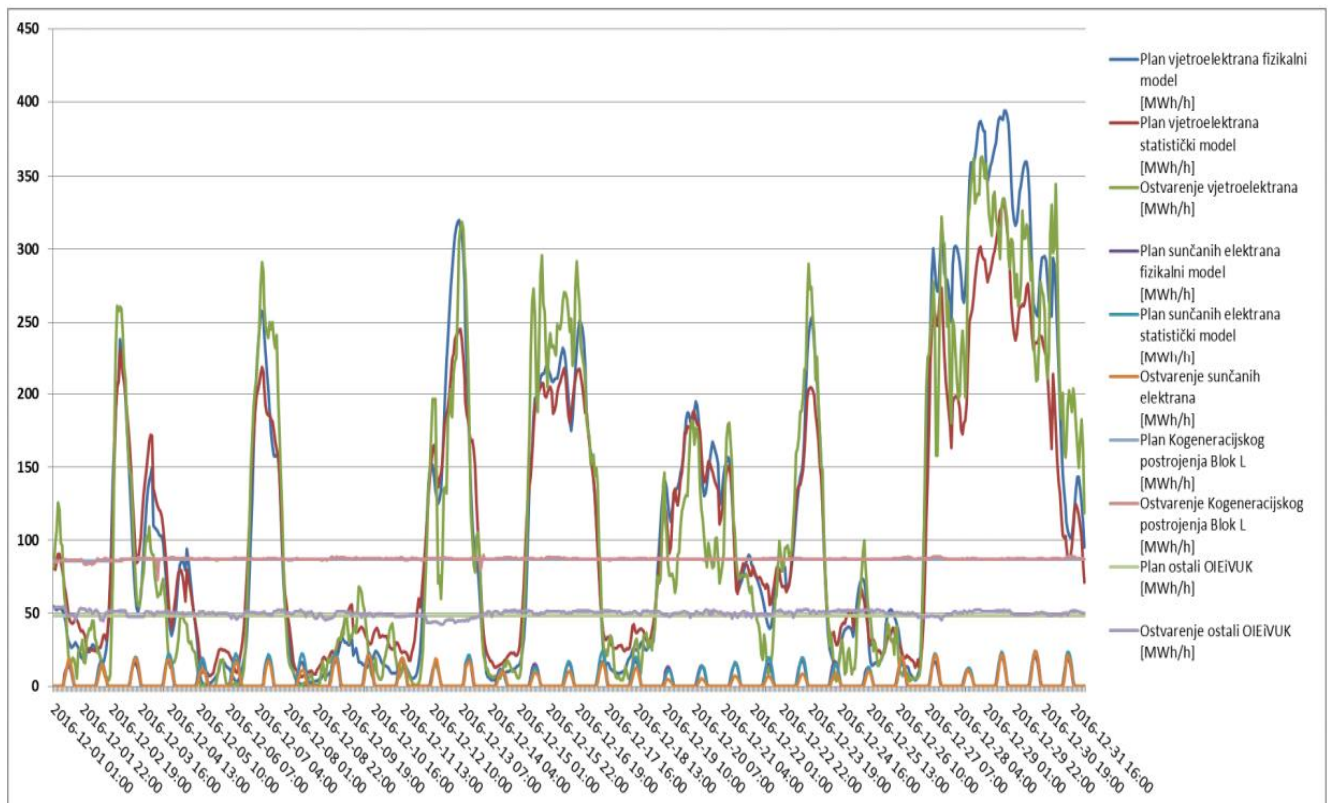
Kako bi se provelo planiranje i procjena proizvodnje iz vjetroelektrana potrebni su napredni softveri i softverski alati koji za ulazne podatke koriste meteorološke prognoze i podatke zabilježene kroz povijest na određenom području i radu postrojenja. Hrvatski operator tržišta energije (HROTE) je zadužen za pribavljanje usluge planiranja proizvodnje iz vjetroelektrana. [6] Pružatelj usluge

planiranja koristi meteorološke prognoze za optimalnu procjenu proizvodnje iz vjetroelektrana u RH. Na slici 1 je prikazan tok podataka potrebnih za ostvarivanje prognoze proizvodnje.



Slika 1. Prikaz modela planiranja proizvodnje vjetroelektrana i sunčanih elektrana. [6]

Nakon provedenog istraživanja tržišta softverskih rješenja za predviđanje proizvodnje, HROTE je ustanovio je da je najbolje rješenje za prognozu proizvodnje kombinacija fizikalnih i statističkih metoda te kombinacija većeg broja modela u planiranju rada vjetroelektrana s ciljem poboljšanja kvalitete prognoze proizvodnje. Pri prognoziranju proizvodnje iz vjetroelektrana za dan unaprijed boljim se pokazao fizikalni model, ali se optimalnim kombiniranjem oba modela može dobiti kvalitetnija i točnija prognoza proizvodnje. Slika 2. [6] prikazuje planiranu i ostvarenu proizvodnju postrojenja OIEiVUK (obnovljivi izvori energije I visokoučinkovita kogeneracija) u prosincu 2016. godine [6] Plava krivulja prikazuje plan proizvodnje dobiven iz fizikalnog modela, a crvena krivulja prikazuje plan proizvodnje dobiven iz statističkog modela. Promatranjem zelene krivulje koja prikazuje ostvarenu proizvodnju može se zaključiti da je prognoza približno točna te da su se ovisno o danu u mjesecu, oba modela za predviđanje pokazala vjerodostojnim. Za kratkoročnu prognozu (do 6 sati) HROTE koristi alat WPPT. [2] Veća odstupanja proizvodnje od prognoze su uzrokovana naglim promjenama brzina i smjera vjetra koja nije moguće u potpunosti predvidjeti. [6]



Slika 2. Prikaz plana i ostvarenja OIEiVUK postrojenja u prosincu 2016. godine. [6]

3. VJETROENERGIJA I PREDVIĐANJE PROIZVODNJE

3.1. Problem vjetroenergije

Obnovljivi izvori energije imaju sve veći utjecaj u hrvatskom elektroenergetskom sustavu te najveći udio dolazi iz vjetroelektrana. Uz sve izazove koji dolaze sa uvođenjem obnovljivih izvora energije u sustav, njihova nepredvidivost je jedan od problema koji posebno dolazi do izražaja, osobito kod vjetroelektrana gdje je tom problemu posvećena velika pažnja. Suočavanje sa tim problemom iziskuje razvoj metoda, vještina i alata za predviđanje proizvodnje iz vjetroelektrana. Važnost dobrog predviđanja proizvodnje se izravno odražava na potrebnoj količini rezerve snage, odnosno energije uravnoteženja koja pokriva odstupanja obnovljivih izvora energije od ugovornog rasporeda te se sa time smanjuje doprinos regulacijskih elektrana i troškovi koji na kraju utječu na cijenu električne energije.[1]

3.2. Metode predviđanja

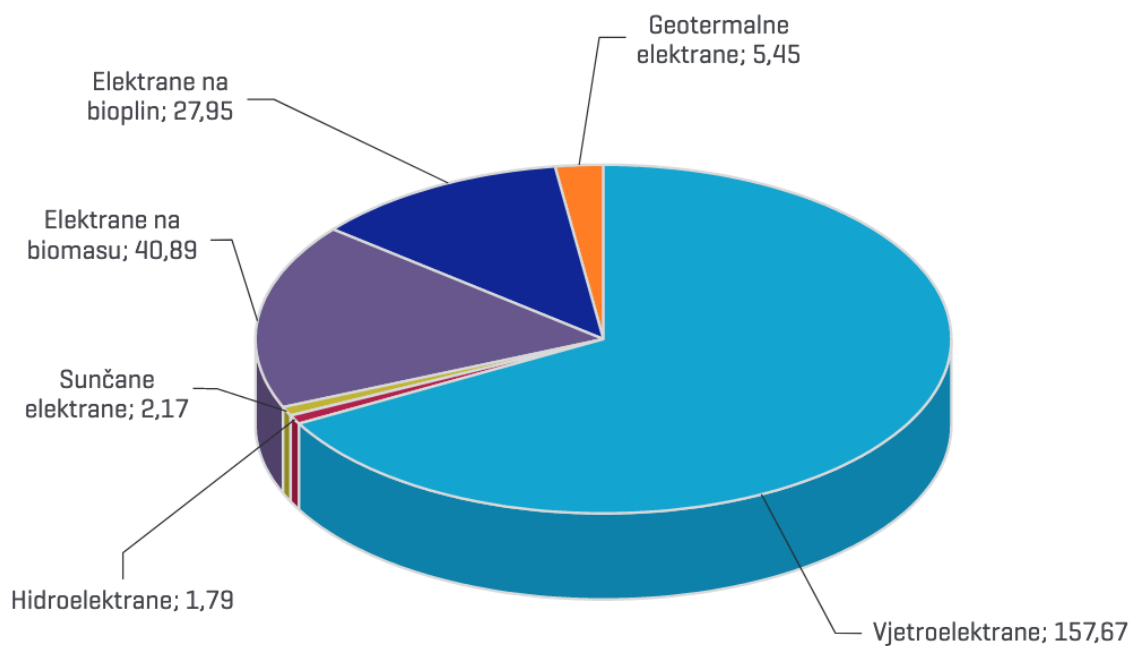
Postoje mnogi pristupi i metode za predviđanje proizvodnje te ih općenite možemo podijeliti u dvije grupe. Prva grupa se zasniva na statističkim modelima dok drugu grupu čine fizikalni modeli. [1] Metode prve grupe se sastoje od analize i statističke obrade podataka o izlaznoj snazi agregata i brzini vjetra kroz povijest. Sve se više koriste metode umjetne inteligencije, osobito neuronske mreže, kojima se se u većini slučajeva vrši uspješno modeliranje odnosa ulaznih i izlaznih varijabli. Glavne prednosti statističkih modela i metoda umjetne inteligencije su brzina proračuna i neovisnost o meteorološkoj prognozi, ali kao nedostatak imaju ovisnost o količini i kvaliteti dostupnih podataka. [1] Druga se grupa bazira na fizikalnim modelima čiji su ulazni podaci predviđanja iz meteoroloških modela te varijabli u nižoj atmosferi pomoću hrapavosti terena, temperatura, tlakova i raznih drugih ulaznih parametara. Za ovu grupu mjerenja nisu toliko bitna kao u prvoj grupi ali su potrebne detaljne informacije o elektranama te iziskuju mnogo vremena i truda za dobivanje točne prognoze. Postoje i hibridni modeli koji se u svrhu poboljšanja točnosti temelje na kombinaciji različitih metoda predviđanja. Metode također možemo podijeliti prema vremenskom horizontu na vrlo kratke (do 30 minuta) , kratkoročne (30minuta do 6 sati), srednjeročne (6sati do 1 dan) i dugoročne(1 dan ili više) . [1]

3.3. Budućnost metoda predviđanja

Povećanjem implementacije obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav razvijati će se i metode predviđanja proizvodnje zbog velikog utjecaja koji će obnovljivi izvori energije imati u budućnosti. Potreba za dugoročnim planiranjima proizvodnje rezultirati će proširenjem vremenskog horizonta predviđanja. Razvojem sustava za predviđanje proizvodnje iz vjetroelektrana poboljšati će se točnost zbog korištenja mjerenja u realnom vremenu, te će lokalne atmosferske prilike biti uzete u obzir pri automatskom prilagođavanju parametarskih modela. Pučinske vjetroelektrane koje trenutno koriste kopnene modele za predviđanje će zbog razlika u terenu i atmosferskim prilikama znatno pridonijeti razvoju metoda za predviđanje proizvodnje jer u budućnosti možemo očekivati da će većina budućih vjetroelektrana biti postavljena na moru te je zbog toga razvoj metoda neophodan. [1]

3.4. Vjetroenergija u Republici Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj uvođenje vjetroelektrana u elektroenergetski sustav nailazi na problem zbog karakteristika vjetrova koji pušu u priobalnom području. Nepredvidivost vjetrova otežava predviđanje proizvodnje i povećava troškove vođenja elektroenergetskog sustava ali istovremeno potiče razvoj i poboljšanje metoda za predviđanje proizvodnje. [2]



Slika 3. Struktura proizvodnje električne energije iz OIE, do studenog 2019. (u GWh) [7]

Najznačajniji vjetrovi u priobalnom pojasu su bura i jugo. Međusobno su zakrenuti za 90 stupnjeva i zbog velikih brzina i puhanja na mahove, njihova energija ne može maksimalno iskoristiti te iziskuju dodatnu stabilnost i čvrstoću vjetroturbina. Zbog toga se vjetroelektrane moraju smjestiti na područja sa manjom izloženosti ovim vjetrovima. [2]

Smjer i brzina vjetra su značajni faktori za proizvodnju iz vjetroelektrana, a njihov promjenjivost može uzrokovati velike probleme operateru prijenosnog sustava kod vođenja sustava u realnom vremenu. Prognoza proizvodnje je način da se ti problemi smanje ili otklone kako bi operater prijenosnog sustava što jednostavnije i uz što manje troškove upravljao sustavom. Za prognozu HROTE koristi razne statističke i fizikalne metode, a jedan od alata za kratkoročnu prognozu (do 6 sati) je alat za prognoziranje WPPT (Wind Power Planning Tool) [2] koji je u suradnji sa danskim tehničkim sveučilištem, proizvela tvrtka ENFOR. [2] Ulazni podaci za prognoziranje su meteorološke prognoze brzine i smjera vjetra i količina proizvedene električne energije kroz svakih sat vremena. Kvaliteta prognoze ovisi u kvaliteti i točnosti meteorološke prognoze te je nemoguće ostvariti potpuno točnu prognozu s obzirom na to da svaka prognoza posjeduje određena odstupanja. Operater prijenosnog sustava mora u svakom trenutku isporučiti potrebnu energiju pa se količina regulacijskih rezervi potrebnih da bi se sustav doveo u ravnotežu određuje iz maksimalne pojedinačne pogreške proizvodnje vjetroelektrana. [2]

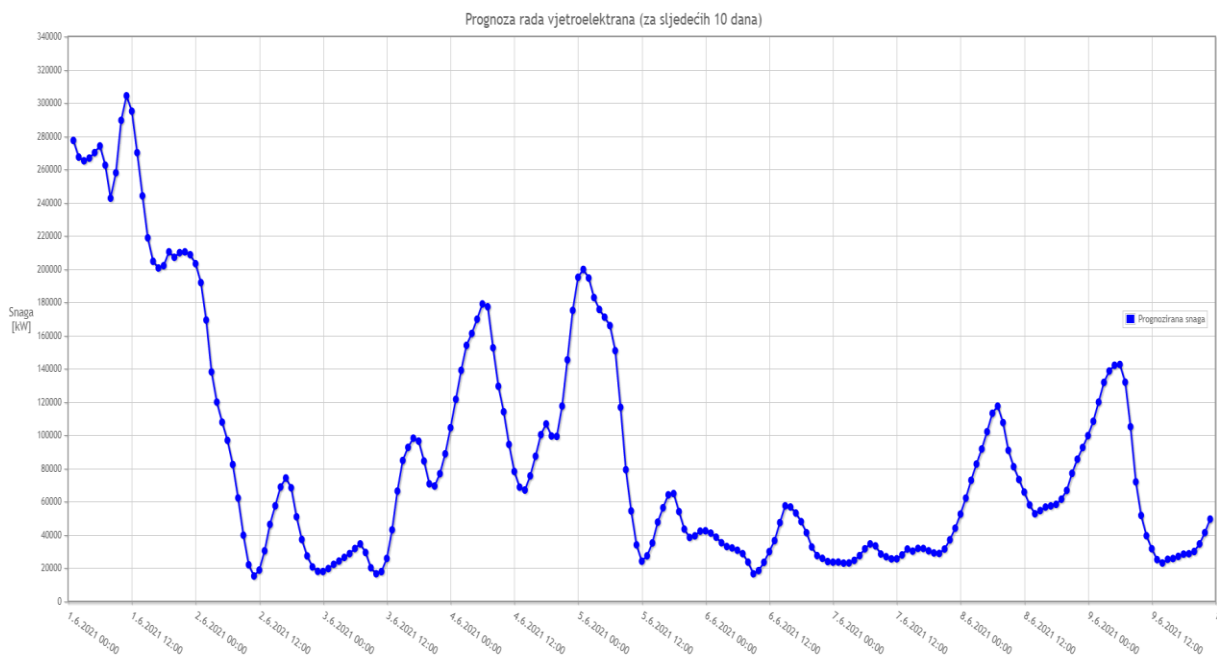
4. PROGNOZA PROIZVODNJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

4.1. Opis ispitivanja kvalitete prognoze proizvodnje iz VE u RH

U Republici Hrvatskoj za prognozu proizvodnje iz vjetroelektrana zadužen je Hrvatski Operator Tržišta Energije (HROTE). Prognoza se vrši svakodnevno za narednih 10 dana. Cilj ovoga rada je ispitati kvalitetu prognoze proizvodnje iz vjetroelektrana u RH. Računanjem odstupanja ostvarene proizvodnje od prognozirane utvrditi će se je li prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana kvalitetna.

4.2. Ulazni podaci

Korišteni su podaci o prognozi i proizvodnji iz vjetroelektrana za prvi tjedan u 6. mjesecu 2021. godine. Podaci o prognozi proizvodnje iz vjetroelektrana u RH su javno dostupni na web stranici HROTE (www.hrote.hr) [8] , a podatke o proizvodnji za isti period daje HOPS [9]. HROTE svakodnevno vrši prognozu 10 dana unaprijed te je na slici 4. prikazana je 10-dnevna prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana za period od 01.06.2021. godine do 10.06.2021. godine. Za analizu i usporedbu podataka korištena je 24-satna prognoza (dan unaprijed) te 7-dnevna prognoza za navedeni period u svrhu međusobne usporedbe tih dviju prognoza. Kao rezultat analize podataka izračunata je pogreška izražena bročano i u postocima kako bi se jasno vidjelo kada dolazi do većih odstupanja.



Slika 4. Prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana za period od 01.06.2021. godine do 10.06.2021. godine [8]

4.3. Analiza podataka

Sljedećih 15 tablica sadrže podatke iz HROTE i HOPS-a o prognozi i proizvodnji iz VE te su analizirani kako bi se na osnovu izračunatih odstupanja proizvodnje od prognoze proizvodnje utvrdila kvaliteta prognoze proizvodnje iz VE u RH. Podaci prikazuju odnos proizvedene i prognozirane električne energije za svaki sat u prvom tjednu 6. mjeseca 2021. godine.

4.3.1. Prognoza 24 sata unaprijed

U sljedećih 7 tablica prikazan je odnos prognoze i proizvodnje električne energije iz VE u RH za prvi tjedan u 6. mjesecu koristeći 24-satnu prognozu proizvodnje, te je za svaki sat iskazano odstupanje prognozirane električne energije u odnosu na proizvedenu električnu energiju iz VE. U Tablici 8. prikazani su ukupni podaci za cijeli 6. mjesec u 2021. godini sa izračunatim ukupnim odstupanjem za svaki dan.

VRIJEME	PROGNOZIRANO	OSTVARENO	POGREŠKA	POGREŠKA
1.6.2021	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]
[h]				
01:00	277.421	288	10.579	3.67
02:00	267.397	279	11.603	4.16
03:00	265.158	278	12.842	4.62
04:00	266.776	283	16.224	5.73
05:00	270.061	287	16.939	5.90
06:00	274.103	289	14.897	5.15
07:00	262.515	283	20.485	7.24
08:00	242.653	262	19.347	7.38
09:00	257.964	280	22.036	7.87
10:00	289.490	317	27.51	8.68
11:00	304.261	331	26.739	8.08
12:00	294.993	321	26.007	8.10
13:00	270.049	298	27.951	9.38
14:00	244.062	274	29.938	10.93
15:00	218.805	242	23.195	9.58
16:00	204.692	224	19.308	8.62
17:00	200.660	221	20.34	9.20
18:00	202.030	226	23.97	10.6
19:00	210.394	233	22.606	9.70
20:00	207.084	226	18.916	8.37
21:00	209.893	224	14.107	6.29
22:00	210.385	224	13.615	6.08
23:00	208.643	220	11.357	5.16
24:00	203.241	214	10.759	5.03

Tablica 1. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 01.06.2021. godine

VRIJEME 2.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	182.394	196	13.606	6.94
02:00	180.984	195	14.016	7.19
03:00	172.623	187	14.377	7.69
04:00	162.086	178	15.914	8.94
05:00	153.462	168	14.538	8.65
06:00	144.662	158	13.338	8.44
07:00	126.111	141	14.889	10.56
08:00	95.111	105	9.889	9.42
09:00	62.606	73	10.394	14.24
10:00	42.493	53	10.507	19.82
11:00	26.763	31	4.237	13.68
12:00	21.190	22	0.81	3.68
13:00	28.418	32	3.582	11.19
14:00	40.050	45	4.95	11
15:00	54.321	67	12.679	18.92
16:00	69.910	84	14.09	16.77
17:00	82.738	98	15.262	15.57
18:00	80.047	95	14.953	15.74
19:00	60.939	72	11.061	15.36
20:00	43.421	50	6.579	13.16
21:00	31.972	36	4.028	11.19
22:00	24.985	26	1.015	3.90
23:00	22.050	22	-0.05	-0.23
24:00	23.370	24	0.63	2.62

Tablica 2. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 02.06.2021. godine

VRIJEME 3.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	20.387	21	0.613	2.92
02:00	24.805	26	1.195	4.59
03:00	29.173	31	1.827	5.89
04:00	32.258	33	0.742	2.25
05:00	35.522	35	-0.522	-1.49
06:00	37.792	40	2.208	5.52
07:00	37.112	39	1.888	4.84
08:00	31.816	33	1.184	3.59
09:00	23.774	24	0.226	0.94
10:00	20.861	20	-0.861	-4.30
11:00	26.172	30	3.828	12.76
12:00	36.556	44	7.444	16.92
13:00	52.527	66	13.473	20.41
14:00	70.627	91	20.373	22.39
15:00	87.874	112	24.126	21.54
16:00	105.642	132	26.358	19.97
17:00	122.893	151	28.107	18.61
18:00	125.470	150	24.53	16.35
19:00	109.265	130	20.735	15.95
20:00	91.435	105	13.565	12.92
21:00	92.252	102	9.748	9.556
22:00	112.486	118	5.514	4.67
23:00	137.399	142	4.601	3.24
24:00	152.826	159	6.174	3.88

Tablica 3. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 03.06.2021. godine

VRIJEME	PROGNOZIRANO	OSTVARENO	POGREŠKA	POGREŠKA
4.6.2021	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]
[h]				
01:00	118.628	122	3.372	2.76
02:00	118.257	120	1.743	1.45
03:00	112.585	116	3.415	2.94
04:00	104.235	108	3.765	3.48
05:00	97.298	98	0.702	0.71
06:00	90.083	94	3.917	4.16
07:00	82.191	85	2.809	3.30
08:00	66.281	67	0.719	1.07
09:00	39.000	38	-1	-2.63
10:00	20.797	21	0.203	0.96
11:00	15.135	14	-1.135	-8.10
12:00	18.506	19	0.494	2.60
13:00	35.480	40	4.52	11.30
14:00	61.383	74	12.617	17.05
15:00	81.799	100	18.201	18.20
16:00	84.995	100	15.005	15
17:00	81.148	90	8.852	9.83
18:00	70.434	77	6.566	8.52
19:00	51.622	59	7.378	12.50
20:00	37.193	40	2.807	7.01
21:00	26.377	26	-0.377	-1.45
22:00	18.951	19	0.049	0.25
23:00	15.937	15	-0.937	-6.24
24:00	14.923	13	-1.923	-14.79

Tablica 4. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 04.06.2021. godine

VRIJEME	PROGNOZIRANO	OSTVARENO	POGREŠKA	POGREŠKA
5.6.2021	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]
[h]				
01:00	14.358	14	-0.358	-2.56
02:00	12.799	14	1.201	8.58
03:00	11.840	12	0.16	1.33
04:00	12.634	13	0.366	2.81
05:00	15.477	16	0.523	3.27
06:00	16.684	16	-0.684	-4.27
07:00	13.841	13	-0.841	-6.47
08:00	9.844	10	0.156	1.56
09:00	7.282	5	-2.282	-45.64
10:00	11.703	12	0.297	2.47
11:00	27.401	30	2.599	8.66
12:00	50.667	54	3.333	6.17
13:00	75.040	85	9.96	11.72
14:00	102.023	119	16.977	14.26
15:00	118.714	136	17.286	12.71
16:00	118.422	137	18.578	13.56
17:00	110.011	124	13.989	11.28
18:00	95.255	106	10.745	10.13
19:00	71.017	78	6.983	8.95
20:00	48.756	52	3.244	6.24
21:00	33.766	36	2.234	6.20
22:00	23.920	23	-0.92	-4
23:00	17.916	15	-2.916	-19.44
24:00	14.828	14	-0.828	-5.91

Tablica 5. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 05.06.2021. godine

VRIJEME 6.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	15.425	14	-1.425	-10.18
02:00	14.611	12	-2.611	-21.76
03:00	13.436	11	-2.436	-22.14
04:00	12.729	10	-2.729	-27.29
05:00	12.665	11	-1.665	-15.14
06:00	11.991	12	0.009	0.075
07:00	10.198	10	-0.198	-1.98
08:00	8.117	6	-2.117	-35.28
09:00	7.193	6	-1.193	-19.88
10:00	10.135	9	-1.135	-12.61
11:00	18.442	22	3.558	16.17
12:00	27.007	32	4.993	15.6
13:00	35.287	39	3.713	9.52
14:00	48.230	55	6.77	12.3
15:00	58.727	68	9.273	13.64
16:00	61.226	72	10.774	14.96
17:00	59.994	68	8.006	11.77
18:00	51.640	60	8.36	13.93
19:00	37.598	42	4.402	10.48
20:00	27.621	30	2.379	7.93
21:00	22.063	22	-0.063	-0.29
22:00	18.536	17	-1.536	-9.03
23:00	18.453	19	0.547	2.88
24:00	21.184	23	1.816	7.89

Tablica 6. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 06.06.2021. godine

VRIJEME 7.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	23.478	24	0.522	2.17
02:00	23.443	23	-0.443	-1.92
03:00	25.185	27	1.815	6.72
04:00	26.303	28	1.697	6.06
05:00	30.471	34	3.529	10.38
06:00	37.530	44	6.47	14.70
07:00	42.692	46	3.308	7.19
08:00	43.263	45	1.737	3.86
09:00	39.617	39	-0.617	-1.58
10:00	38.499	39	0.501	1.28
11:00	41.206	41	-0.206	-0.50
12:00	48.880	54	5.12	9.48
13:00	57.060	67	9.94	14.83
14:00	59.393	68	8.607	12.65
15:00	53.433	62	8.567	13.81
16:00	46.759	53	6.241	11.77
17:00	45.904	48	2.096	4.36
18:00	45.135	44	-1.135	-2.58
19:00	45.798	45	-0.798	-1.77
20:00	47.491	48	0.509	1.06
21:00	54.083	54	-0.083	-0.15
22:00	66.436	68	1.564	2.30
23:00	80.549	83	2.451	2.95
24:00	99.685	102	2.315	2.27

Tablica 7. 24-satna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 07.06.2021. godine

U Tablici 1. se jasno vidi kako su odstupanja relativno mala te je u svakom satu proizvedeno više električne energije od očekivanog. Takva situacija se nastavlja sve do 2.6.2021. godine u 09:00h (Tablica 2.) kada količina proizvedene električne energije opada. Tada dolazi do većeg odstupanja nastalog radi nagle promjene u proizvodnji električne energije. Odstupanja se nakon toga smanjuju te se opet povremeno pojavljuju kada dolazi do promjene u proizvodnji električne energije (Tablica 3, 4, 5, 6 i 7), što dovodi do zaključka da su za prognozu najkritičniji periodi kada dolazi do promjene u proizvodnji uzrokovanom radi nepredvidive prirode vjetra. U Tablici 5. do izražaja dolazi podatak o ostvarenoj proizvodnji u 09:00h kada postotna pogreška iznosi -45.64%. Tako velika postotna pogreška nastala je zato jer je tada očekivana proizvodnja vrlo mala (7.282 MWh). Pregledom Tablice 8 vidljivo je da se 24-satnom prognozom za cijeli 6. mjesec dobiju relativno mala odstupanja proizvedene električne energije od prognozirane proizvodnje te da se svaki dan proizvelo više od očekivanog, a najveća pogreška je 797.3 MWh ostvarena 14.06.2021. godine.

	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01.06.2021.	5862.27	6324	461.73	7.30
02.06.2021.	1932.71	2158	225.29	10.44
03.06.2021.	1616.92	1834	217.08	11.84
04.06.2021.	1463.24	1555	91.76	5.90
05.06.2021.	1034.2	1134	99.8	8.80
06.06.2021.	622	670	48	7.16
07.06.2021.	1122.3	1186	63.7	5.37
08.06.2021.	4499.4	4734	234.6	4.96
09.06.2021.	6200.2	6733	532.8	7.91
10.06.2021.	6635.04	7290	654.96	8.98
11.06.2021.	5541.9	6033	491.1	8.14
12.06.2021.	3827.7	4198	370.3	8.82
13.06.2021.	4909	5153	244	4.74
14.06.2021.	9282.7	10080	797.3	7.91
15.06.2021.	4216.5	4605	388.5	8.44
16.06.2021.	2639.4	2886	246.6	8.54
17.06.2021.	1757	1918	161	8.39
18.06.2021.	1038.8	1161	122.2	10.52
19.06.2021.	1883.8	2148	264.2	12.3
20.06.2021.	1144.8	1284	139.2	10.84
21.06.2021.	1337.3	1500	162.7	10.85
22.06.2021.	1544.2	1689	144.8	8.573
23.06.2021.	956.8	1088	131.2	12.06
24.06.2021.	1538.6	1694	155.4	9.17
25.06.2021.	1507.6	1721	213.4	12.40
26.06.2021.	2989	3320	331	9.97
27.06.2021.	2586.8	2856	269.2	9.42
28.06.2021.	514.4	564	49.6	8.79
29.06.2021.	2237.6	2508	270.4	10.78
30.06.2021.	2087.3	2253	165.7	7.35

Tablica 8. Ukupna 24-satna prognoza i proizvodnja za 6. mjesec 2021. godine

4.3.2. Prognoza 7 dana unaprijed

U sljedećih 7 tablica prikazan je odnos prognoze i proizvodnje električne energije iz VE u RH sa iskazanim odstupanjima za prvi tjedan u 6. mj. 2021. godine koristeći prognozu 7 dana unaprijed.

VRIJEME 1.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	277.421	288	10.579	3.67
02:00	267.397	279	11.603	4.16
03:00	265.158	278	12.842	4.62
04:00	266.776	283	16.224	5.73
05:00	270.061	287	16.939	5.9
06:00	274.103	289	14.897	5.15
07:00	262.515	283	20.485	7.24
08:00	242.653	262	19.347	7.38
09:00	257.964	280	22.036	7.87
10:00	289.490	317	27.51	8.68
11:00	304.261	331	26.739	8.08
12:00	294.993	321	26.007	8.10
13:00	270.049	298	27.951	9.38
14:00	244.062	274	29.938	10.93
15:00	218.805	242	23.195	9.58
16:00	204.692	224	19.308	8.62
17:00	200.660	221	20.34	9.2
18:00	202.030	226	23.97	10.6
19:00	210.394	233	22.606	9.7
20:00	207.084	226	18.916	8.37
21:00	209.893	224	14.107	6.29
22:00	210.385	224	13.615	6.08
23:00	208.643	220	11.357	5.16
24:00	203.241	214	10.759	5.03

Tablica 9. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 01.06.2021. godine

VRIJEME 2.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	191.876	196	4.124	2.10
02:00	169.349	195	25.651	13.15
03:00	138.143	187	48.857	26.12
04:00	119.977	178	58.023	32.59
05:00	107.906	168	60.094	35.77
06:00	96.977	158	61.023	38.62
07:00	82.397	141	58.603	41.56
08:00	62.278	105	42.722	40.68
09:00	39.888	73	33.112	45.35
10:00	22.071	53	30.929	58.35
11:00	15.313	31	15.687	50.60
12:00	18.911	22	3.089	14.04
13:00	30.481	32	1.519	4.75
14:00	46.367	45	-1.367	-3.04
15:00	57.543	67	9.457	14.11
16:00	68.862	84	15.138	18.02
17:00	74.311	98	23.689	24.17
18:00	68.433	95	26.567	27.97
19:00	50.963	72	21.037	29.22
20:00	37.286	50	12.714	25.43
21:00	27.404	36	8.596	23.88
22:00	20.791	26	5.209	20.03
23:00	18.133	22	3.867	17.58
24:00	18.029	24	5.971	24.88

Tablica 10.7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 02.06.2021. godine

VRIJEME 3.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	19.800	21	1.2	5.71
02:00	22.339	26	3.661	14.08
03:00	24.317	31	6.683	21.56
04:00	26.533	33	6.467	19.59
05:00	28.794	35	6.206	17.73
06:00	31.865	40	8.135	20.33
07:00	34.647	39	4.353	11.16
08:00	29.492	33	3.508	10.63
09:00	20.298	24	3.702	15.42
10:00	16.690	20	3.31	16.55
11:00	17.972	30	12.028	40.09
12:00	25.898	44	18.102	41.14
13:00	43.095	66	22.905	34.70
14:00	66.426	91	24.574	27.01
15:00	84.817	112	27.183	24.27
16:00	92.708	132	39.292	29.77
17:00	98.266	151	52.734	34.92
18:00	96.500	150	53.5	35.67
19:00	84.500	130	45.5	35
20:00	70.803	105	34.197	32.57
21:00	69.443	102	32.557	31.92
22:00	76.897	118	41.103	34.83
23:00	88.841	142	53.159	37.44
24:00	104.554	159	54.446	34.24

Tablica 11. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 03.06.2021. godine

VRIJEME 4.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	121.639	122	0.361	0.29
02:00	139.071	120	-19.071	-15.89
03:00	154.080	116	-38.08	-32.82
04:00	161.256	108	-53.256	-49.31
05:00	169.852	98	-71.852	-73.31
06:00	179.041	94	-85.041	-90.46
07:00	177.322	85	-92.322	-108.61
08:00	152.661	67	-85.661	-127.85
09:00	129.501	38	-91.501	-240.79
10:00	114.156	21	-93.156	-443.6
11:00	94.507	14	-80.507	-575.05
12:00	78.218	19	-59.218	-311.67
13:00	68.776	40	-28.776	-71.94
14:00	67.039	74	6.961	9.41
15:00	75.569	100	24.431	24.43
16:00	87.399	100	12.601	12.60
17:00	100.341	90	-10.341	-11.49
18:00	106.865	77	-29.865	-38.79
19:00	99.575	59	-40.575	-68.77
20:00	99.331	40	-59.331	-148.33
21:00	117.566	26	-91.566	-352.18
22:00	145.366	19	-126.366	-665.08
23:00	175.145	15	-160.145	-1067.63
24:00	195.013	13	-182.013	-1400.1

Tablica 12. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 04.06.2021. godine

VRIJEME 5.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	199.781	14	-185.781	-1327.01
02:00	194.638	14	-180.638	-1290.27
03:00	182.874	12	-170.874	-1423.95
04:00	175.721	13	-162.721	-1251.7
05:00	171.058	16	-155.058	-969.11
06:00	166.030	16	-150.03	-937.69
07:00	150.914	13	-137.914	-1060.88
08:00	116.839	10	-106.839	-1068.39
09:00	79.296	5	-74.296	-1485.92
10:00	54.482	12	-42.482	-354.01
11:00	34.076	30	-4.076	-13.58
12:00	24.226	54	29.774	55.14
13:00	27.459	85	57.541	67.69
14:00	35.218	119	83.782	70.40
15:00	47.736	136	88.264	64.9
16:00	56.383	137	80.617	58.84
17:00	64.167	124	59.833	48.25
18:00	64.943	106	41.057	38.73
19:00	54.110	78	23.89	30.63
20:00	43.527	52	8.473	16.29
21:00	38.531	36	-2.531	-7.03
22:00	39.493	23	-16.493	-71.71
23:00	42.329	15	-27.329	-182.19
24:00	42.537	14	-28.537	-203.84

Tablica 13. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 05.06.2021. godine

VRIJEME 6.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	41.139	14	-27.139	-193.85
02:00	38.681	12	-26.681	-222.34
03:00	35.342	11	-24.342	-221.29
04:00	33.060	10	-23.06	-230.6
05:00	32.218	11	-21.218	-192.89
06:00	30.815	12	-18.815	-156.79
07:00	28.776	10	-18.776	-187.76
08:00	23.703	6	-17.703	-295.05
09:00	16.667	6	-10.667	-177.78
10:00	18.580	9	-9.58	-106.44
11:00	23.581	22	-1.581	-7.18
12:00	29.998	32	2.002	6.25
13:00	36.635	39	2.365	6.06
14:00	47.437	55	7.563	13.75
15:00	57.560	68	10.44	15.35
16:00	56.862	72	15.138	21.02
17:00	53.202	68	14.798	21.76
18:00	48.068	60	11.932	19.89
19:00	41.396	42	0.604	1.44
20:00	32.807	30	-2.807	-9.36
21:00	27.608	22	-5.608	-25.49
22:00	25.955	17	-8.955	-52.67
23:00	24.013	19	-5.013	-26.38
24:00	23.659	23	-0.659	-2.86

Tablica 14. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 06.06.2021. godine

VRIJEME 7.6.2021 [h]	PROGNOZIRANO [MWh]	OSTVARENO [MWh]	POGREŠKA [MWh]	POGREŠKA [%]
01:00	23.706	24	0.294	1.22
02:00	23.089	23	-0.089	-0.38
03:00	23.186	27	3.814	14.12
04:00	24.728	28	3.272	11.68
05:00	27.584	34	6.416	18.87
06:00	31.694	44	12.306	27.97
07:00	34.645	46	11.355	24.68
08:00	33.437	45	11.563	25.69
09:00	28.556	39	10.444	26.78
10:00	26.922	39	12.078	30.97
11:00	25.627	41	15.373	37.49
12:00	25.679	54	28.321	52.44
13:00	27.992	67	39.008	58.22
14:00	31.574	68	36.426	53.57
15:00	30.276	62	31.724	51.17
16:00	31.949	53	21.051	39.72
17:00	31.885	48	16.115	33.57
18:00	30.479	44	13.521	30.73
19:00	29.193	45	15.807	35.13
20:00	28.883	48	19.117	39.83
21:00	31.549	54	22.451	41.57
22:00	37.074	68	30.926	45.48
23:00	44.097	83	38.903	46.87
24:00	52.585	102	49.415	48.45

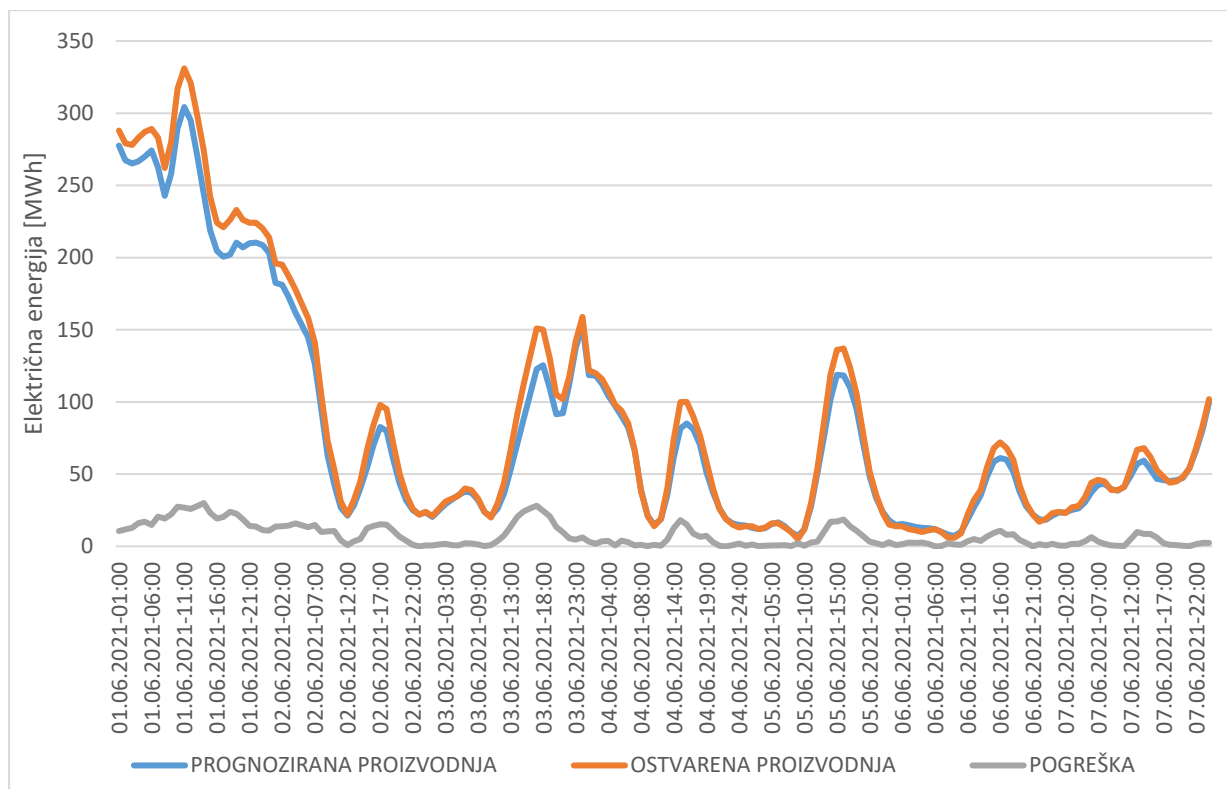
Tablica 15. 7-dnevna prognoza i proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana ostvarena 07.06.2021. godine

Promatrajući podatke 7-dnevne prognoze proizvodnje jasno se da vidjeti kako su odstupanja veća nego kod 24-satne prognoze. U pojedinim satima prognozirana proizvodnja električne energije je višestruko veća od ostvarene a to se posebice može uočiti dana 05.06.2021.godine u 09:00h (Tablica 13.) kada postotna pogreška doseže najveću vrijednost od -1485.92%. Tog dana je predviđena proizvodnja iznosila 79.296 MWh, a ostvareno je samo 5 MWh. Od 03.06.2021. do 06.06.2021. godine (Tablice 11, 12 i 13) vidljiva su znatnija odstupanja u odnosu na ostatak tjedna što navodi na zaključak da se u tom periodu dogodila promjena u atmosferskim uvjetima koja nije bila predviđena na dan prognoziranja proizvodnje iz vjetroelektrana(31.05.2021) za naredni period.

4.4. Procjena kvalitete prognoze

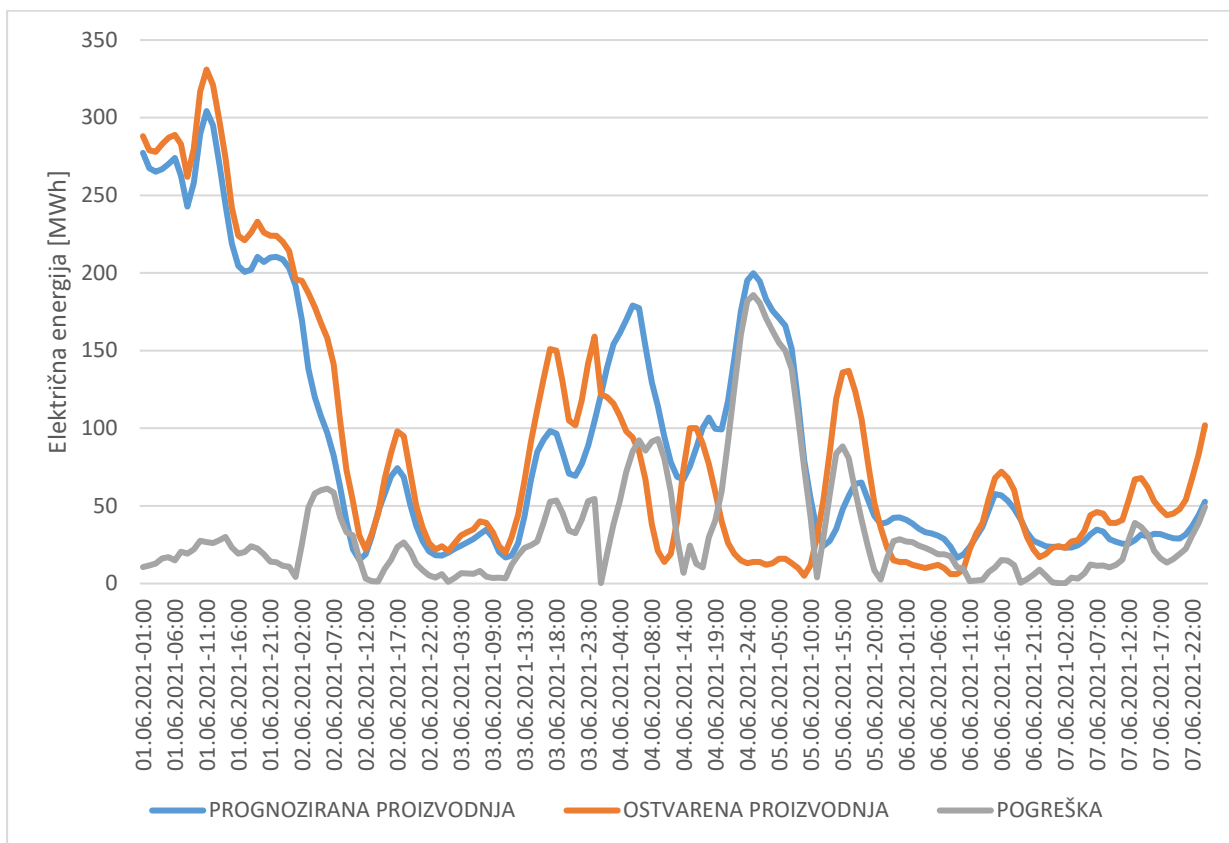
Analizom i usporedbom 24-satne prognoze proizvodnje i ostvarene proizvodnje iz vjetroelektrana u prvom tjednu 6. mjeseca 2021. godine vidljivo je da unatoč nepredvidivim vremenskim uvjetima, 24-satna prognoza daje vrlo dobre rezultate. To je vidljivo iz podataka o ukupnoj proizvodnji za 6. mjesec (Tablica 8.) gdje najveće dnevno postotno odstupanje iznosi 12.06% (23.06.2021), a najveće ukupno dnevno odstupanje u promatranom tjednu iznosi 11.84% ostvareno 03.06.2021. (Tablica 3.) kada u popodnevnim satima dolazi do odstupanja preko 20% (maks. 22.39%). Ostvarena proizvodnja je vrlo približna prognoziranoj proizvodnji te se u većini slučajeva proizvelo više od prognoziranog. Najmanje postotno odstupanje ostvareno je 07.06.2021. (Tablica 7.) u 21:00h kada postotna pogreška iznosi -0.15%. Najveća postotna odstupanja se pojavljuju u satima kada je očekivana vrlo mala proizvodnja iako su u većini slučajeva apsolutna odstupanja tada najmanja. To je vidljivo 05.06.2021. godine (Tablica 5.) u 09:00h kada postotna pogreška iznosi -45.64%. Uzrok tome je što mala odstupanja dolaze do izražaja u satima niske proizvodnje, a u to vrijeme je proizvodnja izrazito mala.

Iz grafičkog prikaza podataka o prognozi i proizvodnji iz prethodnih tablica (Slika 5.) se također može vidjeti da je 24-satna prognoza proizvodnje vrlo točna te da se najveća apsolutna odstupanja pojavljuju u satima kada je proizvodnja najveća, odnosno kada dolazi do naglog porasta u proizvodnji. Ta su odstupanja prouzrokovana nesavršenostima metoda predviđanja i raznim prirodnim čimbenicima kao što je nepredvidivost vjetra, odnosno puhanja na mahove koja se ne mogu predvidjeti ni učinkovito iskoristiti.



Slika 5. Grafički prikaz 24-satne prognoze i ostvarene proizvodnje za prvi tjedan u 6.mjesecu 2021.godine

Pregledom podataka koje daje prognoza te uspoređivanjem sa ostvarenom proizvodnjom jasno se vide velika odstupanja. Ta odstupanja ukazuju na kvalitetu 7-dnevne prognoze koja, usporedno sa 24-satnom prognozom, nije ni približno točna, a najviše se ističe prognoza za 05.06.2021. godine kada postotna pogreška doseže svoj maksimum od -1485.92%. Poklapanja sa 24-satnom prognozom vidljiva su samo za prvi dan, što je i očekivano jer se radi o 24-satnom periodu od prognoze. Najveća odstupanja se pojavljuju 4. i 5. dan nakon prognoze gdje je između 22 sata i 5 sati ujutro kada je predviđena ukupna proizvodnja od 1263.845MWh (1.264 GWh) proizvedeno samo 116MWh, što je 9.18% od predviđene proizvodnje. Toliko velika pogreška u proizvodnji može imati velike posljedice za elektroenergetski sustav jer se sva ta razlika mora na neki način kompenzirati kako bi elektroenergetski sustav mogao po svom načelu svima dostaviti potrebnu električnu energiju. Kompenzacija tolike električne energije direktno utječe na cijenu njene proizvodnje, stoga je od velike važnosti da su metode procjene proizvodnje dobro razvijene i da se ulaže u njihov razvoj kako bi bile što točnije. Na Slici 6. se može vidjeti da je prije i poslije tog perioda proizvodnja približna proizvodnji uz znatno veća odstupanja od 24-satne prognoze, što ukazuje da je u navedenom periodu došlo do promjena atmosferskih prilika koje nisu bile poznate za vrijeme izvođenja prognoze te zbog toga nisu obuhvaćene.



Slika 6. Prikaz 7-dnevne prognoze i ostvarene proizvodnje za prvi tjedan u 6.mjesecu 2021.godine

5. ZAKLJUČAK

U radu su opisane metode koje koriste za predviđanje proizvodnje iz vjetroelektrana te modeli koji se koriste. Najviše se koriste statistički modeli koji se temelje na prijašnjim vrijednostima koje su ostvarene za razliku od fizikalnih modela koji za moderiranje koriste meteorološke podatke. Za najtočniju i najkvalitetniju prognozu koriste se kombinacije tih dvaju modela. Kvalitetna prognoza proizvodnje iz vjetroelektrana ima važnu ulogu u vođenju elektroenergetskog sustava jer veliki udio proizvedene električne energije u Hrvatskoj dolazi iz vjetroelektrana. Dobrim prognoziranjem proizvodnje smanjuju se troškovi vođenja sustava, a ujedno i cijenu električne energije jer što su prognozirane vrijednosti približnije ostvarenim vrijednostima to se manji troškovi kompenzacija koje su potrebne da bi se ispunila potražnja za električnom energijom. U radu je prikazano da je srednjeročna prognoza (dan unaprijed) koju vrši HROTE, približna ostvarenoj proizvodnji što govori o njevoj kvaliteti te se može zaključiti da uz nju sustav može ekonomično funkcionirati. Rezultati 7-dnevne prognoze nisu toliko točni te u nekim periodima pokazuju velika odstupanja od ostvarenih vrijednosti zbog nepredvidivih karakteristika vjetra. Potrebno je razvijati metode predviđanja kako bi u budućnosti bilo moguće preciznije predvidjeti proizvodnju i kako bi dugoročna prognoza bila kvalitetnija i vjerodostojnija jer će to biti od velike važnosti kako se svijet bude sve više prebacivao na obnovljive izvore energije

LITERATURA

- [1] Josip Đaković, Igor Kuzle: „ Status i klasifikacija metoda za predviđanje proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana“ , HRO CIGRE, 13. simpozij o sustavu vođenja EES-a, Rovinj, studeni 2018.
- [2] Ana Horvat, Tomislav Plavšić, Igor Kuzle: „Planiranje i vođenje elektroenergetskog sustava u uvjetima značajne integracije vjetroelektrana „ , HRO CIGRE, 10. simpozij o sustavu vođenja EES-a, Opatija, studeni 2012.
- [3] Nooshin Bigdeli, Karim Afshar, Amin Shokri Gazafroudi, Mostafa Yousefi Ramandi, „ A comparative study of optimal hybrid methods for wind power prediction in wind farm of Alberta, Canada“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, str. 2, ScienceDirect , 2013.
- [4] S.M. Naegele, T.C. McCandless, S.J. Greybush, G.S. Young, S.E. Haupt, M. Al-Rasheedi , „ Climatology of wind variability for the Shagaya region in Kuwait “ , Renewable and Sustainable Energy Reviews 113, str. 1-3, ScienceDirect , 2020.
- [5] Ling Xiao, Jianzhou Wang, Yao Dong, Jie Wu, „Combined forecasting models for wind energy forecasting : A case study in China “ , Renewable and Sustainable Energy Reviews 44, str. 272-273 ScienceDirect , 2015.
- [6] Hrvatski operator tržišta energije (HROTE), Godišnji izvještaj o uspostavi eko bilančne grupe u 2017.godini., dostupno na: www.hrote.hr
- [7] Ekonomski institut, Zagreb, Energetika: obnovljivi izvori energije, dostupno na: www.eizg.hr [28.08.2021]
- [8] Hrvatski operator tržišta energije (HROTE), Planiranje proizvodnje za eko bilančnu grupu, Vjetroelektrane, službena stranica dostupna na: www.hrote.hr [26.08.2021]
- [9] Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS), službena stranica dostupna na : www.hops.hr [28.08.2021]

SAŽETAK

Zadatak ovog rada bio je dati pregled literature u kojoj su opisani modeli i metode prognoziranja proizvodnje iz vjetroelektrana s posebnim osvrtom na metode koje se koriste u Hrvatskoj. U drugom poglavlju opisani su problemi s kojima se susreću pojedine države prilikom implementacije vjetroelektrana u svoj elektroenergetski sustav te je u nastavku opisana situacija u Hrvatskoj. U trećem poglavlju su detaljnije opisane metode predviđanja koje se koriste te na koji način se provodi prognoza. Analiza podataka izvršena je u 4. poglavlju gdje su podaci prognozirane proizvodnje koju vrši Hrvatski operator tržišta energije (HROTE) uspoređivani sa podacima o ostvarenoj proizvodnji koji bilježi Hrvatski operater prijenosnog sustava (HOPS) za različite vremenske horizonte te se analizom podataka ustanovila kvaliteta prognoze proizvodnje.

ABSTRACT

The task of this paper was to provide a review of the literature which describes the models and methods of forecasting production from wind turbines with special reference to the methods used in Croatia. The second chapter describes the problems that individual countries face when implementing wind farms in their electricity system, and the situation in Croatia is described below. The third chapter describes in more detail the forecasting methods used and how the forecast is conducted. The data analysis was performed in Chapter 4, where the data of forecasted production performed by the Croatian Energy Market Operator (HROTE) were compared with the data on actual production recorded by the Croatian Transmission System Operator (HOPS) for different time horizons and the analysis of the data established the quality of the production forecast.

ŽIVOTOPIS

Filip Šenhold rođen je 29.ožujka 2000.godine u Pakracu. Nakon završetka osnovne škole Braće Radića u Pakracu, 2014. godine upisuje Tehničku školu Daruvar za zanimanje elektrotehničar. 2018. godine završava srednju školu i polaže državnu maturu te 2018. godine upisuje preddiplomski studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Na drugoj godini preddiplomskog studija odabire izborni blok elektroenergetika.

Potpis autora