

Diana Međimorec
HEP-Obnovljivi izvori energije d.o.o.
diana.medjimorec@hep.hr

RAZVOJ PROJEKATA VJETROELEKTRANA

SAŽETAK

Rad daje pregled najvažnijih aktivnosti potrebnih za pripremu i realizaciju projekata vjetroelektrana, te daje osvrt na moguće probleme pri njihovoj pripremi.

Ključne riječi : vjetroelektrane, razvoj projekata, projektno financiranje

DEVELOPMENT OF WIND PROJECTS

SUMMARY

The paper gives an overview of the most important activities for preparation and realization of wind projects and gives an outline of possible problems during their preparation.

Key words: wind power, project development, project financing

1. UVOD

Vjetroelektrane su u 2008. godini imale udio od 43% instalirane snage svih elektrana izgrađenih te godine u Europskoj uniji, što znači da je instalirano više vjetroelektrana nego bilo kojeg drugog izvora električne energije (1). U Hrvatskoj je također primjetan sličan trend. Od početne dvije vjetroelektrane puštene u pogon prije nove zakonske regulative 2007. godine (VE Ravne na Pagu 5,6 MW i VE Trtar-Krtolin kod Šibenika 11,2 MW), trenutno u Hrvatskoj postoje četiri izgrađene vjetroelektrane (uz gornje dvije, VE Orlice 9,6 MW i VE Vrataruša 42MW), te jedno testno postrojenje (VE Pometeno Brdo 1 MW). U svibnju 2010. godine u Registru obnovljivih izvora energije i kogeneracije Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP) bilo je registrirano 5.132 MW vjetroelektrana (2), što je više od ukupne instalirane snage cjelokupnog hrvatskog elektroenergetskog sustava od 4.020 MW. Glavni razlog tolikog interesa investitora za vjetroelektrane leži u poticajnoj (*feed-in*) tarifi, koja je za vjetroelektrane iznad 1 MW instalirane snage u 2009. godini iznosila 0,7076 kn/kWh (3). Prema dostupnim podacima, ta je poticajna tarifa jedna od najviših u Europskoj uniji. Ipak, poticajna tarifa tek je jedan od elemenata koji doprinose atraktivnosti projekata vjetroelektrana. Prvi i najvažniji kriterij svakog projekta vjetroelektrane jest odabir lokacije s adekvatnim vjetropotencijalom. Također, važno je razmotriti i mogućnost priključenja i utjecaj vjetroelektrana na cjelokupni elektroenergetski sustav, kao i karakteristike i pristupačnost terena, te moguće utjecaje na prirodu i okoliš. Za razvoj projekata vjetroelektrana vrlo su bitni i odnosi s lokalnom zajednicom, odnosno utjecaj koji oni imaju na njihov ekonomski i društveni razvoj.

2. FAZE U RAZVOJU PROJEKTA VJETROELEKTRANE

2.1. Pronalazak lokacije

Prvi korak kod razvoja projekta vjetroelektrane jest pronalazak adekvatne lokacije. Kod pronalaska lokacije potrebno je voditi računa o sljedećim uvjetima:

- **Dobar vjetropotencijal.** Vjetropotencijal se inicijalno provjerava u atlasima vjetra ili podacima iz meteoroloških stanica u okolini lokacije. Ovakav način provjere može poslužiti samo za orijentaciju, dok je za pravilnu ocjenu vjetropotencijala nužno **minimalno jednogodišnje mjerenje** vjetropotencijala na lokaciji. Jednogodišnjim mjerenjem obuhvaćena su sva četiri godišnja doba i izbjegava se efekt sezonalnosti. Jednogodišnje mjerenje ipak nije dovoljno za izradu studije vjetra. Moguće je da je godina u kojoj se mjerilo iznad ili ispodprosječno „dobra“ po pitanju vjetropotencijala. To znači da je potrebno jednogodišnje podatke staviti u višegodišnji kontekst, odnosno potrebno je napraviti **dugoročnu korelaciju mjernih podataka** s podacima neke od mjernih (najčešće meteoroloških) postaja u blizini lokacije koje mjere dulji niz godina (npr. deset ili više godina). Takvi dugoročno korelirani podaci koriste se za izradu **studije vjetra**, odnosno izradu karte energetskeg potencijala lokacije. Također, ti se podaci koriste i za izračun očekivane proizvodnje električne energije iz vjetroelektrane.

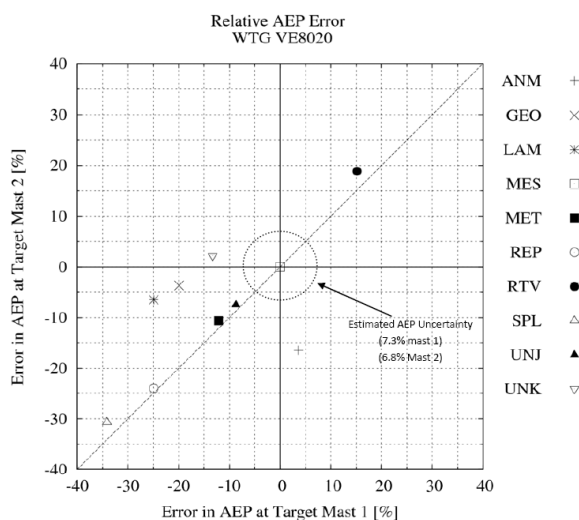
Mjerenje vjetropotencijala najčešće se obavlja mjernim stupovima s anemometrima i smjerokazima na minimalno dvije različite visine. Prema međunarodnim preporukama, visina mjernog stupa trebala bi biti najmanje dvije trećine očekivane visine rotora (eng. *hub height*) vjetroatregata. Primjerice, za planirane vjetroatregate s visinom od 90 metara, mjerni stup bi trebao biti visok najmanje 60 metara. Iako su mjerenja pomoću mjernih stupova i dalje najrasprostranjenija metoda mjerenja vjetropotencijala, postoje i **novije mjerne tehnike koje koriste zvuk (SODAR) i svjetlost (LIDAR)** za mjerenje vjetropotencijala. Te su metode uvedene iz barem dva razloga (4). Jedan od razloga je sve veća visina vjetroatregata, što sa sobom donosi sve veću potrebnu visinu mjernih stupova, koji su vrlo skupi i za manje vjetroelektrane predstavljaju vrlo značajan trošak. Drugi razlog je mogućnost mjerenja vjetropotencijala ne samo na visini rotora, već i na cijelom rasponu lopatica – lopatice vjetroatregata mogu ići i pedesetak metara ispod i iznad visine rotora vjetroatregata, gdje su uvjeti vjetra i tereti značajno drugačiji nego na visini rotora. Općenito načelo po pitanju mjerenja vjetropotencijala je „**što više mjernih podataka, to bolje**“, jer se dobiva bolji opis uvjeta na samoj lokaciji. Mjerenje putem više različitih tehnika je također preporučljivo, kako bi se izbjegli potencijalni problemi koji mogu nastati zbog korištenja samo jedne tehnike (primjer: Slika 1).



Slika 1 – Potencijalni problem kod mjerenja smjera vjetra (4)

Kod izračuna vjetropotencijala nužno je koristiti **adekvatne računalne modele**, koji su prikladni za pojedinu lokaciju. Najčešće korišteni model za procjenu vjetropotencijala, WAsP, prikladan je za korištenje samo na ravnim ili blago nagnutim lokacijama (do 30% nagiba). Takve su lokacije u Hrvatskoj razmjerno rijetke. Zato se u posljednje vrijeme sve češće koriste **noviji računalni modeli, bazirani na računalnoj dinamici fluida** (eng. *computerized fluid dynamics* – CFD), koji mogu modelirati fenomene koji se događaju kod lokacija smještenih na kompleksnom terenu. Njemački DEWI radio je zanimljivo istraživanje na temu primjenjivosti takvih modela na kompleksnom terenu. Postavljena su tri stupa za mjerenje vjetropotencijala na jednu lokaciju u Italiji, gdje je jedan korišten kao referentni stup, a dva kao ciljni stupovi. Institucije uključene u istraživanje modelirale su vjetropotencijal na temelju podataka s referentnog stupa, te su se potom provjeravali i uspoređivali

njihovi rezultati u odnosu na ciljne stupove. Rezultati evaluacije prikazani su na slici 1, gdje je vidljivo da pogreška u procjeni s RANS (eng. *Reynolds Average Navier Stokes*) modelima iznosi maksimalno 10%, dok nekvalitetom odskaje model baziran na zakonu očuvanja mase. Više detalja o istraživanju dostupno je na (5).



Slika 2 – Rezultati istraživanja „Round Robin Numerical Flow Simulation in Wind Energy“ – DEWI (5)

Slična istraživanja rađena su i na RISO institutu u Danskoj, gdje se pokazalo da linearni računalni modeli (prijavljeno ukupno devet) griješe prosječno oko 35% u procjeni vjetropotencijala, dok napredniji RANS modeli (prijavljeno ukupno 32) imaju prosječnu pogrešku 20-25% (6). To pokazuje da postoji još mnogo prostora za napredak u korištenju takvih modela, te da treba biti oprezan kod određivanja vjetropotencijala. Najjednostavniji način smanjenja nesigurnosti je što kvalitetnije mjerenje i to po mogućnosti minimalno dva mjerenja na lokaciji. U usporedbi s visinom investicije za cjelokupnu vjetroelektranu, jedno dodatno mjerenje trebalo bi predstavljati minimalni dodatni trošak za investitora, a dobiti mogu biti vrlo velike.

- **Klimatski uvjeti na lokaciji.** Prilikom planiranja vjetroelektrane, osim mjerenja brzine vjetra, nužno je voditi računa i o općenitim klimatskim uvjetima na lokaciji, što podrazumijeva srednje i ekstremne temperature, ekstremne vjetrove, te padaline. Vjetroagregati standardno rade na temperaturama zraka od oko -20°C do oko $+30^{\circ}\text{C}$, te je u slučaju očekivanih ekstremnih temperatura potrebno izračunati učestalost takvih pojava i u dogovoru s proizvođačem dogovoriti prilagodbe vjetroagregata klimatskim uvjetima na lokaciji. Vrlo opasna pojava, koja se događa na vrlo niskim temperaturama je pojava **zaleđivanja lopatica** (eng. *icing*). Osim što dovodi do povećanih tereta na lopaticama, te posljedičnog oštećenja materijala i konstrukcije, može dovesti i do opasnosti po lokalno stanovništvo ili životinjski svijet u okolici vjetroelektrane. Zaleđivanje se može izbjeći uvođenjem grijanih lopatica, što neki proizvođači vjetroagregata standardno nude za svoje proizvode.



Slika 3 – Zaleđeni vjetroagregat i prikaz lokacije s vjetroagregatima unutar i izvan oblaka (7)

Osim efekta zaleđivanja, potrebno je voditi računa i o ekstremnim vjetrovima i turbulencijama na lokaciji. Prilikom mjerenja vjetropotencijala potrebno je izračunati potrebnu klasu vjetroagregata za lokaciju na temelju očekivane ekstremne brzine vjetra i očekivane razine turbulencija. Standard IEC 61400 – 1 Ed.3. daje popis **klasa vjetroagregata** ovisno o navedenim parametrima. Proizvođači vjetroagregata uz tehnički opis vjetroagregata uobičajeno navode i klasu vjetroagregata koja govori o prikladnosti vjetroagregata za lokacije s ekstremnim vjetrovima i turbulencijama iznad propisanih vrijednosti. Odabir pravilne klase vjetroagregata vrlo je važan jer u slučaju odabira „preslabe“ klase može doći do oštećenja i nepravilnog rada vjetroagregata zbog povećanih tereta na lopaticama i povećanih tereta na samoj strukturi vjetroagregata, te posljedično povećanih troškova.

- **Konfiguracija i pokrov terena.** Teren na kojem se planira izgradnja vjetroelektrane trebao bi što manje kompleksan, što zbog turbulentnog strujanja vjetra, što zbog mogućnosti transporta i montaže opreme. Također, treba voditi računa da se projekt ne nalazi u blizini ili na vrlo šumovitom području ili urbaniziranom području, jer pokrov terena također može doprinijeti turbulentnom strujanju. Utjecaj same konfiguracije terena i pokrova terena na strujanje vjetra na lokaciji vrlo je značajan i može se opisati dvama osnovnim zakonima: logaritamskim zakonom (eng. *logarithmic wind profile*) i zakonom geostrofičkog povlačenja (eng. *geostrophic drag law*). Logaritamski zakon opisuje povećanje brzine vjetra s povećanjem visine, dok zakon geostrofičkog povlačenja uključuje utjecaj Coriolisove sile na kretanje vjetra, te utjecaj promjene hrapavosti terena (npr. prijelaz sa glatke površine mora na gustu šumsku vegetaciju). Zato je vrlo važno **pravilno opisati lokaciju prilikom modeliranja vjetropotencijala**, kako bi se dobili što realniji rezultati za dane uvjete na lokaciji. Transport i montaža vjetroagregata i ostale opreme moguća je u raznim uvjetima, što uzrokuje znatne varijacije u cijeni izgradnje. Za lokacije sa slabijim vjetropotencijalom potrebno je birati lokacije koje su dostupne, gdje već postoje pristupni putovi i koje ne treba znatnije krčiti i ravnati. Za lokacije s jako dobrim vjetropotencijalom i isplativosti mogu se koristiti i složenije tehnologije transporta i postavljanja, kao što je primjerice montaža pomoću helikoptera.
- **Priključak na EES.** Lokacija potencijalne vjetroelektrane trebala bi biti blizu prijenosne ili distribucijske mreže, odnosno transformatorske stanice. Pritom je potrebno voditi računa o regulativi po pitanju načina priključka (na vod ili samo u TS), naponskoj razini priključka (ovisna o željenoj snazi vjetroelektrane), te se savjetovati sa operatorom prijenosnog ili distribucijskog sustava o mogućnostima i uvjetima priključenja vjetroelektrane. Upravo je **komunikacija s operatorom** u ranoj fazi projekta vrlo važna, kako bi on unaprijed bio informiran o projektu, ali i kako bi se dobila inicijalna povratna informacija o mogućim točkama i načinima priključka. Inicijativa oko priključenja vjetroelektrana na EES u Hrvatskoj dosad je uglavnom bila na investitorima u takve (pojedine) projekte. S povećanjem broja zahtjeva za izgradnju vjetroelektrana, i operator sustava će trebati preuzeti inicijativu oko planiranja izgradnje prijenosne mreže kako bi dozvolio **nediskriminacijski pristup novim tehnologijama** s drugačijim režimom rada od konvencionalnih.
- **Namjena zemljišta i komunikacija s lokalnom zajednicom.** Svaka lokalna uprava ima svoje prostorne planove uređenja na kojima je definirana svrha korištenja zemljišta. Prije definiranja točnog obuhvata lokacije vjetroelektrane, potrebno je istražiti namjenu zemljišta i navedene **prostorne planove**. Ukoliko je lokacija u prostornim planovima navedena kao zaštićeno područje, područje namijenjeno za turizam, naselje, poduzetničku zonu ili slično, vrlo je malo vjerojatno da će prenamjena u prostor za izgradnju vjetroelektrane biti moguća. Iz tog je razloga važno biti u kontaktu s lokalnom zajednicom, koja izrađuje takve planove i upoznata je sa širim područjem. Također, **informiranje lokalne zajednice o projektu** važno je i zbog dobivanja njihove podrške u fazi ishođenja dozvola, pa i prevencije NIMBY (eng. „*Not in My BackYard*“) sindroma.



Slika 4 – Moguće protivljenje lokalne zajednice – prijevod: „Ne želimo još više vjetroelektrana“ (8)

- **Utjecaji na prirodu i okoliš.** Iako je većina zaštićenih područja navedena u prostornim planovima, potrebno je dodatno provjeriti potencijalne negativne utjecaje na prirodu i okoliš na lokaciji. To se posebice odnosi na zaštićene vrste ptica (grabljivice, migracijske vrste) i drugih životinja, zaštićene vrste biljaka, zaštićena područja voda itd. Također, potrebno je voditi računa o blizini naselja (buka i zasjenjenje), prometnica i infrastrukture, zaštićenim kulturnim dobrima i ostalim utjecajima koje bi priprema, izgradnja ili rad vjetroelektrane mogla imati na prirodu i okoliš. Većina takvih utjecaja ispituje se unutar formalnih procedura **procjene utjecaja na prirodu i okoliš**, ali preliminarnim pregledom lokacije i konzultacijama sa stručnjacima moguće je i prije izrade studije utjecaja na okoliš utvrditi je li lokacija u području gdje je izvjesno da će gradnja imati značajan utjecaj na prirodu i okoliš.

Pronalazak povoljne lokacije za izgradnju vjetroelektrane dug je i iterativan proces koji uključuje mnoštvo različitih faktora. Adekvatna mjerenja, te matematički modeli za procjenu vjetropotencijala osnova su svake daljnje kalkulacije povoljnosti lokacije za izgradnju vjetroelektrane. Vrlo je važno i **konstantno komunicirati s relevantnim institucijama ilokalnom zajednicom**. Na taj način mogu se izbjeći i veći troškovi, pogotovo ako se već u preliminarnim ispitivanjima pokaže da lokacija nije adekvatna za razvoj vjetroelektrane: npr. u okolici nema adekvatne priključne točke, lokacija je u zaštićenom području, na lokaciji je predviđena izgradnja turističkog naselja i sl. Također, važno je biti u kontaktu sa stručnjacima i drugim investitorima, te kroz razmjenu iskustava dobiti informacije o svim mogućim problemima u razvoju projekta.

2.2. Ishođenje dozvola, odobrenja i ostalih upravnih akata

Ishođenje dozvola je proces koji prati, ali i utječe na tehničku i ekonomsku realizaciju projekta. U svakoj državi je proces ishođenja dozvola drugačiji, ali uglavnom sadrži slične sastavnice:

- **Procjena utjecaja na okoliš.** Procjenom utjecaja na okoliš detaljno se razmatraju svi mogući utjecaji na prirodu i okoliš na lokaciji, te se propisuju mjere zaštite prirode i okoliša. Europska unija ima i važeće direktive vezane za procjenu utjecaja na prirodu i okoliš (9), te posebnu regulativu vezanu za zaštitu ptica (10) i staništa (11). Kršenje navedene regulative uzrokuje pravne sporove na Europskom sudu pravde (primjeri: (12)).
U Republici Hrvatskoj je procjena utjecaja na okoliš obvezna za vjetroelektrane iznad 20 MW, dok je za vjetroelektrane instalirane snage između 10 i 20 MW nužna ocjena o potrebi procjene utjecaja na okoliš (NN 67/2009). Unutar procedure procjene utjecaja na okoliš, u većini je slučajeva potrebno i napraviti ocjenu prihvatljivosti zahvata za Nacionalnu ekološku mrežu, prema NN 118/2009.
- **Uvrštavanje projekta u prostorne planove.** Uvrštavanjem projekta u prostorne planove projekt se stavlja u „prostor“, odnosno označava se njegov obuhvat unutar općina ili okruga, te se planiranje ostalih zahvata u budućnosti predviđa s njegovim uzimanjem u obzir. Prostorno planiranje je i u Europskoj uniji prepoznato kao dugotrajan proces, pa se unutar Direktive o promociji obnovljivih izvora energije 2009/28 EC (13) govori o obvezi država članica da osiguraju jasna i transparentna pravila i rokove uvrštavanja projekata u prostorne planove (članak 13a).
U Hrvatskoj se projekti vjetroelektrana moraju uvesti u prostorne planove županija, kao planove najvišeg reda. Uvrštavanje objekta u prostorni plan županije povlači obvezu uvrštavanja u prostorne planove općina i gradova na čijem području se nalazi vjetroelektrana. Svaka županija u određenom trenutku donosi odluku o početku procedure izmjena i dopuna županijskog prostornog plana, nakon čega slijedi podnošenje prijave za uvrštavanje. Nakon procedure unutar županije koja uključuje izradu samog plana, te javne uvide i javnu raspravu, županija donosi konačnu odluku o izmjenama i dopunama prostornog plana. Tek nakon što je objekt uvršten u prostorni plan, može se pristupiti procjeni utjecaja na okoliš.
- **Dozvola za priključak na EES.** Kako bi se projekt mogao priključiti na EES, nužno je dobiti odobrenje za priključenje od operatora prijenosnog ili distribucijskog sustava za planirani projekt vjetroelektrane. Tijekom procesa ishođenja dozvole, a pogotovo za veće projekte, uobičajena je izrada analize tokova snaga kako bi se vidio utjecaj vjetroelektrane na okolnu elektroenergetsku mrežu i utjecaj na EES u cijelosti.
U Hrvatskoj dozvole za priključenje na elektroenergetski sustav daju HEP-Operator prijenosnog sustava d.o.o. (HEP OPS) i HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. (HEP ODS). HEP OPS

je u prosincu 2008. godine donio odluku o donošenju dodatnih tehničkih uvjeta za priključak i pogon vjetroelektrana na prijenosnoj mreži (14). Navedeni dokument definira koncepcije priključka na 110 kV mrežu, zahtjeve vezane za regulaciju, te zahtjeve o potrebnim podacima.

- **Izrada projektne dokumentacije i ishođenje akta potrebnog za gradnju objekta.** Projektna dokumentacija izrađuje se za samu vjetroelektranu, te za priključak na elektroenergetski sustav. Ona većinom sadržava razradu potrebnih građevinskih radova, opis i specifikaciju opreme, detalje o zaštiti na radu, vatrodojavi, rasvjeti itd. Na temelju projektne dokumentacije izdaje se akt potreban za gradnju projekta.
Ključni akt za početak gradnje vjetroelektrane u Hrvatskoj je građevinska dozvola. Građevinska dozvola obuhvaća sve elemente nužne za početak gradnje postrojenja – detaljnu projektnu dokumentaciju, elaborate o ispitivanju tla, elaborate o imovinsko-pravnim odnosima, nostrifikaciju projekata pojedinih objekata i opreme (npr. vjetroagregata), ako je potrebna itd.
- **Pravo korištenja zemljišta.** Kao i bilo kakav drugi objekt, i vjetroelektrana se treba nalaziti na zemljištu za kojeg su osigurana prava korištenja, bilo kupnjom, dugoročnim najmom ili na neki drugi način.
U Hrvatskoj, ako se buduća vjetroelektrana nalazi na državnom zemljištu, potrebno je ishoditi pravo služnosti zemljišta od Središnjeg državnog ureda za upravljanje državnom imovinom. Pritom je potrebno voditi računa da sva dokumentacija glasi na krajnjeg korisnika objekta, jer je pravo služnosti u pravilu neprenosivo.
- **Ugovor o otkupu električne energije.** Projekti vjetroelektrana uglavnom imaju već unaprijed osiguran otkup, koji može biti ili po fiksnoj cijeni (fiksne feed-in tarife) ili promjenjivoj cijeni (feed-in tarife u obliku premije, sustav zelenih certifikata i obaveznih udjela). Otkup je zajamčen po definiranim pravilima, ovisno o državi, unutar 10 do 20 godina. Ugovor o otkupu se uglavnom potpisuje sa operatorom tržišta, koji je onda odgovoran za isplaćivanje sredstava. Uvjeti iz ugovora su vrlo važni u ekonomsko-financijskim analizama, jer mogu utjecati na ekonomsku izvedivost projekta i dobivanje financiranja.
U Hrvatskoj se ugovor o otkupu električne energije potpisuje s Hrvatskim operatorom tržišta energije (HROTE). Ugovor se potpisuje na 12 godina tijekom kojih vjetroelektrana prima zajamčenu tarifu prilagođenu u skladu s propisanim korekcijskim faktorima i indeksom cijena na malo (NN 33/2007). Zajamčena tarifa za vjetroelektrane iznad 1 MW instalirane snage u 2010. godini iznosila je 0,7076 kn/kWh (3).

Ishođenje dozvola je uglavnom složen proces, koji obuhvaća mnogo različitih institucija i zahtijeva detaljnu koordinaciju aktivnosti na projektu. Dinamika ishođenja dozvola i propisani uvjeti mogu značajno utjecati na tehničke parametre projekta i uvjete financiranja, te čak dovesti i do odustajanja od projekta zbog prestrogih zahtjeva. Kao ekstreman primjer otkazivanja projekata može poslužiti primjer iz Bugarske vezan za regulativu o zaštiti prirode i okoliša (NATURA 2000). Bugarska kao nova članica Europske unije, izgradila je vjetroelektrane u području NATURA 2000 zaštićenom za ptice. Nakon intenzivnih prosvjeda nevladinih udruga, Europska unija je Bugarskoj poslala i službenu notu upozorenja. Rezultat je da je bugarska vlada privremeno kompletno zaustavila izgradnju vjetroelektrana, što je dovelo do velike nesigurnosti investitora.

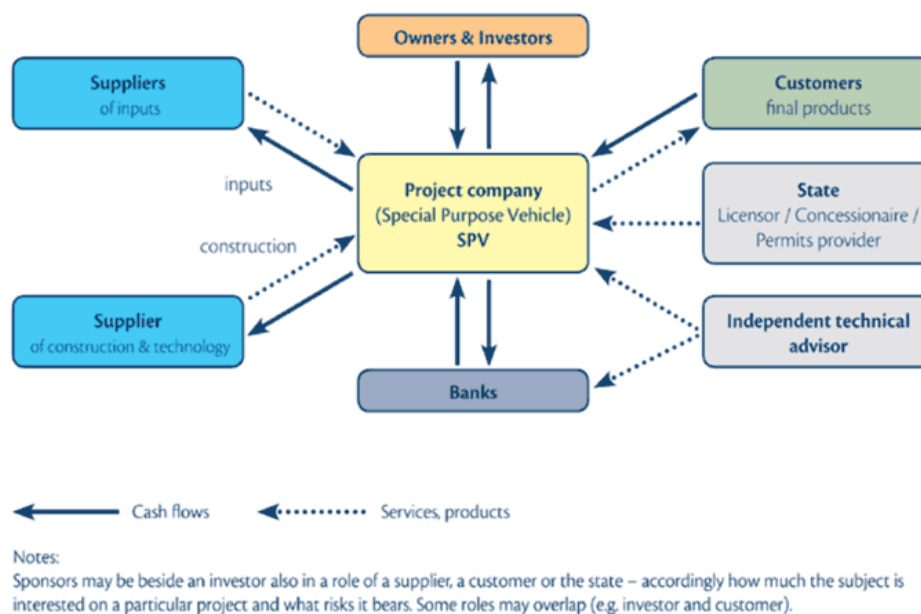
Navedeni primjer dodatno naglašava potrebu kvalitetne pripreme projekta i konstantne komunikacije s relevantnim institucijama. Dakako, komunikacija ne smije biti jednostrana, već i institucije moraju pokazati interes i odrediti osobe kojima se potencijalni investitori mogu obratiti tijekom pripreme projekta.

2.3. Osiguravanje financiranja

Pronalazak novčanih sredstava ključan je za realizaciju bilo kakvog projekta, pa tako i projekta vjetroelektrane. Unatoč financijskoj krizi, projekti obnovljivih izvora energije i dalje su zanimljivi financijskim institucijama. Postoje razni načini financiranja projekata vjetroelektrana, ali najrašireniji je projektno financiranje. Projektno financiranje prvi se puta pojavilo kod financiranja izgradnje Sueskog kanala, a danas se uglavnom primjenjuje za potrebe kapitalno intenzivnih projekata (15). Ključne postavke projektnog financiranja su sljedeće:

- za projekt se uobičajeno osniva zasebno projektno društvo samo za realizaciju tog projekta; projektno društvo može imati više vlasnika,
- projekt se financira uglavnom iz kredita (60-90%),

- vraćanje kredita počinje tek nakon početka rada postrojenja,
- projekt mora biti isplativ i generirati cash flow koji će moći otplaćivati kredit – projekt se rigorozno procjenjuje u financijskim institucijama,
- kamate su obično veće nego kod klasičnog korporativnog zaduživanja, zbog većeg rizika.



Slika 5 – Okvirna shema projektnog financiranja (16)

Kao što je navedeno, sam projekt, ali i nosioci projekta rigorozno se procjenjuju kod financijskih institucija. To konkretno znači reviziju cjelokupne procjene vjetroenergije, projektnih rješenja, utjecaja na okoliš, odabira opreme, financijskog modela i slično. Iz tog razloga, potrebna je vrlo temeljita priprema projekta i stalna komunikacija s relevantnim financijskim institucijama koje već imaju iskustva na sličnim projektima.

2.4. Nabava vjetroagregata i ostale opreme

Paralelno s pronalaskom financiranja, pa i s ishođenjem dozvola, nužno je započeti s aktivnostima na nabavi opreme za buduću vjetroelektranu. Ključne komponente su pritom vjetroagregati, koji čine 70-80% ukupne investicije u projekt. Prije pojave ekonomske krize krajem 2008. godine, tržište vjetroagregata uglavnom je bilo na strani proizvođača – oni su bili ti koji su postavljali uvjete i mogli birati kome će prodati svoju opremu. To je dovelo i do znatnog porasta cijena vjetroagregata i dugih rokova isporuke, te svojevrsnog natjecanja kupaca za vjetroagregate. U posljednjih godinu dana, banke su postale opreznije s plasmanom sredstava, što je dovelo do usporavanja ili otkazivanja pojedinih projekata. Potražnja za vjetroagregatima je pala, pa je tržište postalo naklonjenije kupcima, što je dovelo i do pada cijena vjetroagregata i skraćivanje rokova isporuke kod pojedinih proizvođača (17).

Vjetroagregat mora biti primjeren za predviđenu lokaciju vjetroelektrane. On mora biti odabran tako da optimalno iskorištava vjetar na lokaciji, ali i da odolijeva nepovoljnim uvjetima, npr. turbulencijama, zaleđivanju lopatica, ekstremnim brzinama vjetra i slično. Ekstremna brzina vjetra i turbulencije koje mogu izdržati ključni su kriteriji za određivanje klase vjetroagregata, prema standardu IEC 61400-1, ed.3. Za svaku je lokaciju, na temelju mjernih podataka, moguće napraviti izračun potrebne klase vjetroagregata, te se kod kasnije nabave o tome treba voditi računa.

Sam proces nabave vjetroagregata može se odvijati na više načina:

- Jedan je da se prije ili u tijeku razvoja projekata sklopi ugovor o **strateškom partnerstvu** s nekim proizvođačem, u kojem se investitor obvezuje koristiti njegovu opremu na svojim projektima vjetroelektrana. Na taj način, investitor dobiva povoljnije uvjete kupnje vjetroagregata i prikladni *know-how* od proizvođača, a proizvođač dobiva siguran plasman svojih proizvoda i mogućnost dugoročnog planiranja svojih proizvodnih kapaciteta.
- Drugi način nabave je putem **međunarodnog natječaja za svaki pojedini projekt**. Međunarodni natječaj ima pozitivnu komponentu u smislu transparentnosti nabave,

konkurencije proizvođača i mogućnosti snižavanja cijene. Ali ima i nedostatke, posebice moguću dugotrajnost postupka (natječaj, pregovori, žalbe), te nužno naknadno prilagođavanje projektne dokumentacije, pa čak i izmjenu pojedinih dozvola. Međunarodni natječaj obično zahtijevaju financijske institucije baš zbog transparentnosti i poštivanja direktiva EU o slobodnom tržišnom natjecanju.

- Treći način mogao bi se opisati kao **kombinacija gornja dva**. Naime, investitor može raspisati natječaj za nabavu vjetroagregata za grupe projekata ili čak natječaj za strateškog partnera. Na taj način zadovoljeni su i transparentnost i konkurentnost, a dobivena je mogućnost povoljnijih uvjeta kupnje i transfer znanja s proizvođača na investitora.

Tijekom razvoja projekta vjetroelektrane potrebno je voditi računa o karakteristikama lokacije, a posebice o tome koji bi vjetroagregat tehnički bio najprihvatljiviji za lokaciju. Također, nužno je komunicirati s proizvođačima vjetroagregata o njihovim tehničkim rješenjima i novim proizvodima, te voditi računa o njihovim prijedlozima vjetroagregata koji bi bili optimalni za lokaciju.

Osim vjetroagregata, potrebno je nabaviti i ostalu opremu potrebnu za funkcioniranje projekta kao što su: transformator i ostala oprema potrebna za priključak na EES, kablovi za internu srednjenaponsku mrežu, itd. Pritom je potrebno voditi računa o zahtjevima operatora prijenosnog sustava i ljudskim resursima koji će kasnije održavati tu opremu. Budući da je ta oprema uglavnom standardna i široko dostupna, nabava se uglavnom radi kroz neku vrstu natječaja, bilo internog ili kroz javnu nabavu.

2.5. Izgradnja i puštanje u rad

Izgradnja vjetroelektrane, kao i izgradnja svakog drugog elektroenergetskog objekta, je prilično kompleksna i sastoji se od više faza. Okvirni dijagram izgradnje za jedan američki projekt vjetroelektrane s 52 vjetroagregata prikazan je na slici 5. Slika prikazuje samo fizičko trajanje izgradnje, bez administrativnih koraka (dozvole, odobrenja i slično).

Prilikom izgradnje vjetroelektrane nužno je voditi računa o svim relevantnim propisima o gradnji, zaštiti na radu, zaštiti okoliša, kao i biti u suglasnosti sa svim posebnim uvjetima gradnje koji su propisani tijekom ishođenja potrebnih dozvola za gradnju.

ID	Task Name	Duration	1st Half				2nd Half	
			Quarter 1	Quarter 2	Quarter 3	Quarter 4		
1	UKUPNO TRAJANJE IZGRADNJE	260 days?						
2	Izgradnja pristupnih prometnica	80 days?						
3	Izgradnja temelja	65 days?						
4	Izgradnja kableske mreže	120 days?						
5	Izgradnja trafostanice	100 days?						
6	Sastavljanje i postavljanje vjetroagregata	135 days?						
7	Puštanje u pogon	100 days?						

Slika 6 – Izgradnja vjetroelektrane ne uključujući ishođenje dozvola (18)

3. ZAKLJUČAK

Razvoj projekata vjetroelektrana vrlo je opsežan i multidisciplinarni proces, koji uključuje razne vrste aktivnosti i razne struke. Zato je u tom cijelom procesu najvažnija komunikacija s relevantnim stručnjacima, institucijama, nadležnim tijelima za izdavanje dozvola, udrugama, financijskim institucijama, proizvođačima, lokalnom zajednicom i javnošću. Na taj način smanjuju se barijere za realizaciju projekta i stalnim kontrolama se poboljšava kvaliteta projekta. Ipak, i u takvoj komunikaciji i konstantnom poboljšavanju projekta mora postojati granica i trenutak u kojem će se odlučiti ili o početku ili odustajanju od gradnje vjetroelektrane. Kolika je dostatna razina informacija i kvaliteta projekta koja je potrebna za izgradnju vjetroelektrane ovisi o stavu investitora, financijskih institucija, ali djelomično i zainteresirane javnosti i lokalne zajednice, jer projekt u konačnici ostaje u njihovom susjedstvu. Zato je važno od samog

početka razvoja projekta aktivno komunicirati sa svim sudionicima i na taj način osigurati pozitivan stav prema projektu.

4. LITERATURA

1. **European Wind Energy Association.** European statistics - 2008 statistics: wind now leads EU power sector. [Mrežno] 2009. <http://www.ewea.org/index.php?id=1486>.
2. **Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva.** Registar obnovljivih izvora energije i kogeneracije. [Mrežno] 2009. http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/Tablica_OIEK.xls.
3. **Hrvatski operator tržišta energije.** Sustav poticanja - OIE postrojenja instalirane snage > 1 MW. [Mrežno] 2009. http://www.hrote.hr/hrote/obnovljivi/OIE_vece_od_1_MW.pdf.
4. *Wind Measurements.* **Courtney, Mike (RISO DTU).** Pamplona : EAWE Summer School, 2010.
5. **DEWI.** Round Robin Numerical Flow Simulation in Wind Energy. [Mrežno] 2008. <http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Studies/Round%20Robin/round-robin-flowsimulation-final-report.pdf>.
6. *Micro-scale Numerical Modeling of the ABL Using Computational Fluid Dynamics.* **Sorensen, Niels N. (RISO DTU).** Pamplona : WAUDIT Summer School, 2010.
7. *Operation of wind turbines under icing conditions.* **Seifert, Henry (Hochschule Bremerhaven).** Zadar : Ice&Rocks Conference, 2010.
8. *Understanding the Social Acceptance of RES Technologies - Beyond NIMBYsm.* **Pol, Enric (Univ. de Barcelona).** Pamplona : EAWE Summer School, 2010.
9. **European Commission.** Council Directive 97/11/EC of 3 March 1997 amending Directive 85/337/EEC on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. [Mrežno] 1997. <http://ec.europa.eu/environment/eia/full-legal-text/9711.htm>.
10. —. The Birds Directive. [Mrežno] 2009. http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index_en.htm.
11. —. The Habitats Directive. [Mrežno] http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm.
12. —. Nature and Biodiversity Cases. [Mrežno] http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/others/ecj_rulings_en.pdf.
13. —. Directive on the promotion of the use of renewable energy sources. [Mrežno] 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>.
14. **HEP-Operator prijenosnog sustava d.o.o.** Dodatni tehnički uvjeti za priključak i pogon vjetroelektrana na prijenosnoj mreži. [Mrežno] 12 2008. http://www.hep.hr/ops/dokument/ostalo/Dodatni_tehnicky_uvjeti_za_prikljucak_i_pogon_vjetroelektrana_na_prijenosnoj_mrezi1.pdf.
15. **prof.dr.sc. Lovrinović, Ivan.** Projektno financiranje, prezentacija. 2009.
16. **CSOB.** Project Financing. [Mrežno] 2010. <http://www.csob.cz/en/Business/Corporate-institution/Services-and-Products/Stranky/Project-financing.aspx>.
17. **Beck, Seth i Haarmeyer, David.** The Upside in the Downturn: Realigning the Wind Industry . *Renewable Energy World.* [Mrežno] March/April 2009. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/04/the-upside-in-the-downturn-realigning-the-wind-industry>.
18. **EFSEC.** Construction schedule and operation activities. [Mrežno] 2003. <http://www.efsec.wa.gov/kittitaswind/app/2.12%20Construction-Schedule%20and%20Operation.pdf>.