

Muligheter for småskala vindkraft i Møre og Romsdal



Nasjonalt Vindenergisenter AS, 2017



Rapporten er utarbeidet av Pål Preede Revheim, prosjektleder (PhD fornybar energi) som en del av prosjektet «Utvikling av testanlegg for småskala vindkraft». Prosjektet er støttet av Møre og Romsdal Fylkeskommune.

○ Introduksjon

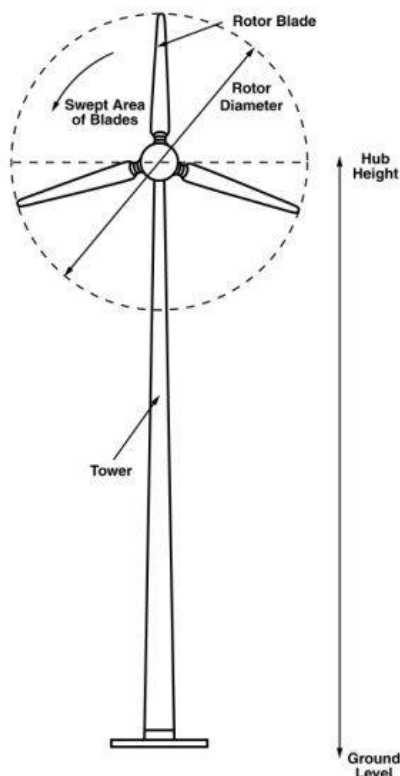
Denne rapporten er et resultat av arbeidet i prosjektet «Utvikling av testanlegg for småskala vindkraft» som har blitt gjennomført ved Nasjonalt Vindenergisenter AS (NVES) i 2016. Prosjektet er støttet av Møre og Romsdal Fylke ihht. vedtak i fylkestinget 2015 og 2016. Et hovedmål med arbeidet har vært å undersøke potensialet for småskala vindkraft i Møre og Romsdal, kartlegge muligheter for utbredelse og skaffe oversikt for hvilke hindre som må overkommes for at småskala vindkraft kan få større utbredelse.

Rapporten består av fire deler. Først gjennomgås en del grunnleggende begreper og konsepter, og det gjøres en gjennomgang av status for småskala vindkraft internasjonalt og i Norge. Så sees det på hvilket mulighetsrom vi tror det finnes for småskala vindkraft med fokus på Møre og Romsdal. Deretter sees det på hvilket behov det er for kunnskapsutvikling og hvilke andre hindre som må overkommes for at småskala vindkraft skal kunne spille en større og viktigere rolle. Til slutt presenteres noen konklusjoner og forslag til videre arbeid.

○ **Hva er småskala vindkraft?**

Småskala vindkraft er en samlebetegnelse på mindre vindturbiner. Dette kan være turbiner til bruk av husholdninger, gårdsbruk, hytter, autonome måle- eller telekommunikasjonsstasjoner osv. IEC har i sin standard IEC 61400-2 definert småskala vindkraft til turbiner med rotorareal mindre enn 200 m²,

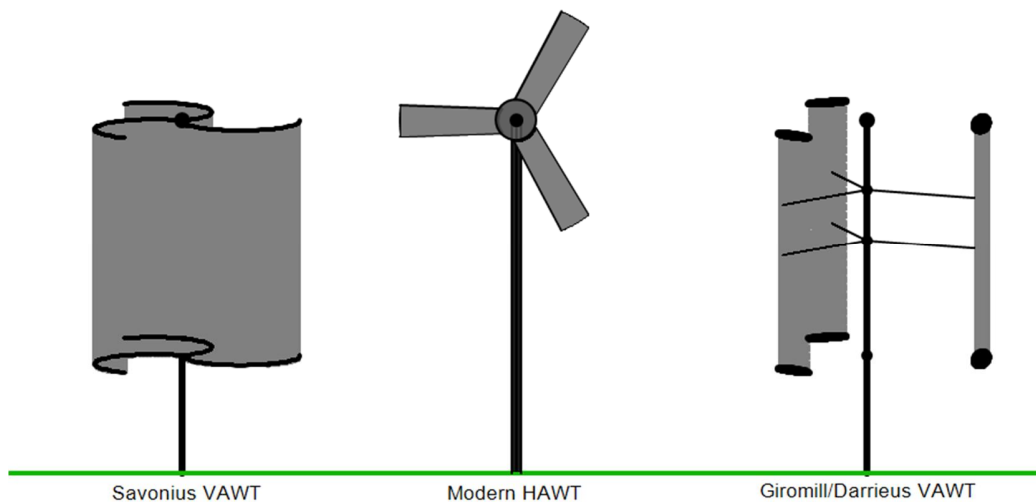
men det er ikke noen bred oppslutning om denne definisjonen. Mange land har egne definisjoner knyttet til øvre grense for kapasitet, maksimum rotordiameter, maksimum høyde el. inkorporert i nasjonalt regelverk. Dette gir som regel en begrensing for øvre kapasitet for småskala vindkraft et sted mellom 20 kW og 50 kW. Høyden til øverste vingespiss på en slik turbin vil typisk være opp til 30 meter, og rotordiameteren opp til 15 meter.



Figur 1 – Skisse av typisk vindturbin med noen begrepsforklaringer.

Som for alle vindturbiner er de to størrelsene som er mest avgjørende for produksjonspotensialet til en liten vindturbin vindhastigheten der den er lokalisert og rotorarealet («swept area») til turbinen. Vindhastigheten er avgjørende for energiinnholdet i vinden, og rotorarealet for hvor mye energi som er tilgjengelig for vindturbinen. Produksjonen fra en vindturbin følger formelen $P = \frac{1}{2} A \rho v^3$, hvor A er rotorareal, ρ er en turbin spesifikk konstant som angir aerodynamiske egenskaper ved rotoren og v er vindhastigheten. Alt annet likt vil derfor en turbin med større rotorareal ha høyere produksjon enn en med mindre rotorareal, og en turbin på en lokasjon med mye vind vil ha høyere produksjon enn en turbin på en lokasjon med mindre vind.

Småskala vindturbiner kommer i all hovedsak i to ulike design - horisontalakslede (HAWT) og vertikalakslede (VAWT). Vertikalakslede turbiner kommer igjen med to ulike rotordesign omtalt som «Savonius» og «Darrieus». Per i dag er horisontalakslede turbiner de klart mest utbredte. Fordelen til horisontalakslede turbiner er at hele rotoren er i samme plan mot vinden. Dette gjør at mengde rotorblad per rotorareal er lav, og at rotoren kan dekke mye vind uten å bli uforholdsmessig tung. Horisontalakslede vindturbiner vil derfor normalt være billigere enn vertikalakslede alternativer med tilsvarende kapasitet. Ved medium til høy vindhastighet vil også rotoren til horisontalakslede vindturbiner være mer effektiv enn rotoren til vertikalakslede vindturbiner, og slik kunne omgjøre en større andel av energien i vinden til strøm (ca. 50 % mot hhv. 40 % for Darrieus og 15 % for Savonius). På lokasjoner med gode vindressurser vil derfor horisontalakslede vindturbiner normalt være det valget som gir mest strøm til lavest pris. Vertikalakslede vindturbiner har sine fordeler i at de kan designes for å være mer effektive ved lave vindhastigheter, kan plasseres tettere, støyer mindre og ikke trenger å justere seg med rotoren opp mot vinden. I byer og andre tettbygde områder med svært turbulent vind og hvor turbinene vil måtte plasseres svært tett på folk har det derfor vært en viss interesse for vertikalakslede vindturbiner. Savonius-rotorer har også den fordelen at de kan bygges ekstremt robuste, og savonius-type vindturbiner er derfor mye brukt til autonome målestasjoner i Arktis/Antarktis og andre steder med ekstremt klima.



Figur 2 – De tre hovedtypene av turbindesign, horisontalaksel (HAWT) og vertikalaksel (VAWT) Savonius og Darrieus.

På grunn av de potensielle fordelene ved vertikalakslede turbiner i bymiljøer pågår det mye forskning, men status per i dag er at strømproduksjonen er lav og turbinene dyre. Vertikalakslede turbiner er derfor per i dag først og fremst et alternativ innen nisjer hvor horisontalakslede turbiner ikke er egnet og alternative energiforsyninger blir svært kostbart.

For å få tilgang til best mulig vind vil turbinene heves fra bakken, som oftest ved at de plasseres på et tårn. To typer tårn er aktuelle for små vindturbiner – tubulære tårn av stål (med eller uten bardunering) og gittermaster. I utgangspunktet vil det være ønskelig med et så høyt tårn som mulig, men i praksis vil dette begrenses av forhold som kostnad og synlighet. For turbiner som vil være aktuelle for husstander og gårdsbruk (typisk 1 kW til 50 kW) vil typisk tårnhøyde være fra 8 til 20 meter med hovedregelen at større turbiner har høyere tårn.

- **Småskala vindkraft internasjonalt**

Til tross for at det ikke kan kalles en ung industri har småskala vindkraft foreløpig et begrenset omfang. Fokus for alle store aktører involvert i vindkraft har vært på store industrielle turbiner (MW+). Likevel er antallet små vindturbiner installert på verdensbasis forholdsvis høyt, og bikket 1 million enheter i løpet av 2016¹. Samlet installert effekt for turbinene er i overkant av 1 GW. Det må imidlertid understrekes at tallene er gjenstand for store usikkerheter, og at flere potensielt store markeder som for eksempel India ikke er inkludert. Det reelle antallet bør derfor antas å være noe høyere.

Som for det meste annen energiproduksjon er det Kina som leder an også innenfor småskala vindkraft, her fulgt av USA og Storbritannia. I Kina blir småskala vindkraft brukt aktivt av myndighetene for å gi innbyggere i utkantstrøk tilgang til elektrisitet. Elektrifisering står sentralt både i kinesisk nærings- innenriks og sikkerhetspolitikk, og nyinstallasjon av små vindturbiner er derfor fulgt av svært rundhåndet offentlig støtte (opptil 85 % av totalkostnad til vindturbin, batteri og nødvendig elektronikk). Dette har resultert i at Kina har rundt 75 % av alle installerte små vindturbiner, og utgjør nær 90 % av markedet for salg av nye turbiner. Det kinesiske markedet fungerer imidlertid så godt som isolert fra resten av verden, med tilnærmet ingen import av utenlandske turbiner og svært begrenset eksport av kinesiske turbiner.



Figur 3 – United Wind sin vindturbin installert i tilknytning til en amerikansk privatbolig. (Foto: United Wind)

I USA er det installert i overkant av 160 000 små vindturbiner. Årlig salg har de siste årene ligget i på underkant av 2000 turbiner/år. USA skiller seg fra Kina ved at turbinene som installeres er vesentlig større. Gjennomsnittsturbinen som installeres i Kina er har en kapasitet på rett i overkant av 500 W, mens den i USA er på snaut 2 kW. Det primære bruksområdet for små vindturbiner i Kina og USA har fram til nå vært det samme – elektrifisering i avsidesliggende områder. Det ser imidlertid ut til at det er en bevegelse mot at små vindturbiner blir mer og mer vanlig også for gårder og boliger med nettilknytning i stater med høye strømpriser og mye vind. En klar indikasjon på potensialet i dette markedet er at det amerikanske småskala vindenergi selskapet United Wind var Statoils fornybare

¹ 2017 Small Wind World Report, WWEA

venture-fond sin første investering. United Wind tilbyr leasing av små vindturbiner, hvor kundene betaler en fastpris for sitt strømbehov med svært langsiktige kontrakter (20-30 år). USA utgjør for øvrig også verdens største marked for mellomstore (100 kW+) vindturbiner. Dette skyldes i all hovedsak strukturen i amerikansk jordbruk med svært store og spredte gårder, og vil i liten grad ha overføringsverdi til norske forhold.

Storbritannia utgjør det største europeiske markedet for små vindturbiner, med nær 30 000 installerte enheter. Storbritannia skiller seg fra Kina og USA i at turbinene i all hovedsak brukes som strømforsyning til hus som alt er tilknyttet strømmettet. Målet med turbinene er dermed ikke å muliggjøre elektrifisering men å redusere behovet for kjøp av strøm. Turbinene i Storbritannia er også vesentlig større enn de i USA, men en gjennomsnittlig kapasitet på 5 kW.

Med unntak av i Kina og USA, har markedet for- og utbredelsen av små vindturbiner vært svært avhengig av støtterejimer. Dette vises tydelig i år-til-år installasjonstall, som har hatt en tendens til å variere voldsomt avhengig av endringer i støtteordninger og forventninger om framtidige endringer. Det har også gitt en del rare og uheldige utslag i at turbiner blir spesialtilpasset nasjonale støtteordninger (for eksempel øvre/nedre grenser for kapasitet) framfor hva som er teknisk hensiktsmessig. Dette vanskeliggjør eksport til markeder uten støtteordninger eller med andre støtteordninger, og begrenser hvor store volum det er mulig å produsere.

○ **Småskala vindkraft i Norge**

Småskala vindkraft er foreløpig svært lite utbredt i Norge. Det finnes et visst marked for små turbiner til bruk på hytter og seilbåter, men disse er svært små (< 1000 W) og brukes så godt som utelukkende i 12V eller 24V systemer uten nettilknytning. Det finnes ingen god oversikt over antall installasjoner, salgstall el.l. så det er vanskelig å anslå eksakt volum av dette markedet.

Det finnes også noen få eksempler på hakket større turbiner som er satt opp i nettilknyttede anlegg, men samlet er det ikke snakk om mer enn en drøy håndfull turbiner. Den mest utbredte småturbinen i Norge er en vertikalakslet turbin fra den amerikanske produsenten UGE med kapasitet 3,2 kW. Dette er en turbin som er fin å se på, men som praktisk erfaring har vist at kraftig underpresterer i forhold til lovet. Flere av turbinene er også lokalisert på steder hvor det åpenbart ikke har vært maksimal produksjon som har vært hovedfokus. Det er derfor nærliggende å tro at motivasjonen bak anskaffelsen av disse primært har vært å bruke dem som blikkfang. UGE sin 3,2 kW turbin er for øvrig den samme turbinen som vi testet på Smøla med svært nedslående resultater både med hensyn til produksjon og holdbarhet.

Det var store forhåpninger til at markedet for småskala vindkraft skulle ta seg opp i Norge etter en regelverksendring som trådte i kraft i 2013². Regelverksendringen innebar en forenkling av søknadsprosessen for oppsetting av mindre vindturbiner (opp til 500 kW i 2013, ytterligere hevet til 1 MW i 2015), med konsesjonsfritak og lokal behandling etter plan- og bygningsloven.

² Veileder for kommunal behandling av mindre vindkraftanlegg,
<https://www.regjeringen.no/contentassets/db08340ea9dd44d386fcc92697e32a31/veileder.pdf>

Regelverksendringen innebar at Norge har blant de enkleste og smidigste prosessene for godkjenning av oppsetting av små vindturbiner i Europa.

Når småskala vindkraft likevel ikke har fått nevneverdig omfang i Norge skyldes dette i all hovedsak to ting – lav lønnsomhet og kunnskapsmangel. Gjennomsnittlig strømpris inkludert avgifter for husholdninger første kvartal i Norge var 96,5 øre/kWh, mens prisen for strømmen alene var 34,3 øre/kWh. Ved egenproduksjon vil dette si at man sparer 96,5 øre/kWh for hver kWh man selv benytter og tjener ca. 35 øre/kWh (spotpris pluss påslag for bidrag til redusert nettap³) for hver kWh man selger til nett. Til sammenligning vil man i Storbritannia, Europas største marked for små vindturbiner, spare snaut 2 kroner/kWh på eget forbruk, og tjene nesten 3 kroner for hver kWh som mates til nett⁴.



Figur 4 – Vertikalakslet vindturbin (UGE VisionAir 5 (3,2 kW))

Det er mulig å få støtte fra ENOVA til egenproduksjon av strøm, men støttebeløpet er begrenset til 10 000 kroner pluss 1250 kroner per kW installert effekt med en øvre begrensning på 28 750 kroner. For en 5 kW vindturbin vil ENOVA-støtten utgjøre rundt 5 % av den samlede investeringen.

³ Antatt salg av plusstrøm til spotpris. Det finnes selskaper som betaler mer og selskaper som betaler mindre.

⁴ Strømpris pluss 0,097 EUR/kWh i «feed-in tariff» gitt turbin med kapasitet max 10 kW.

○ Mulighetsrom

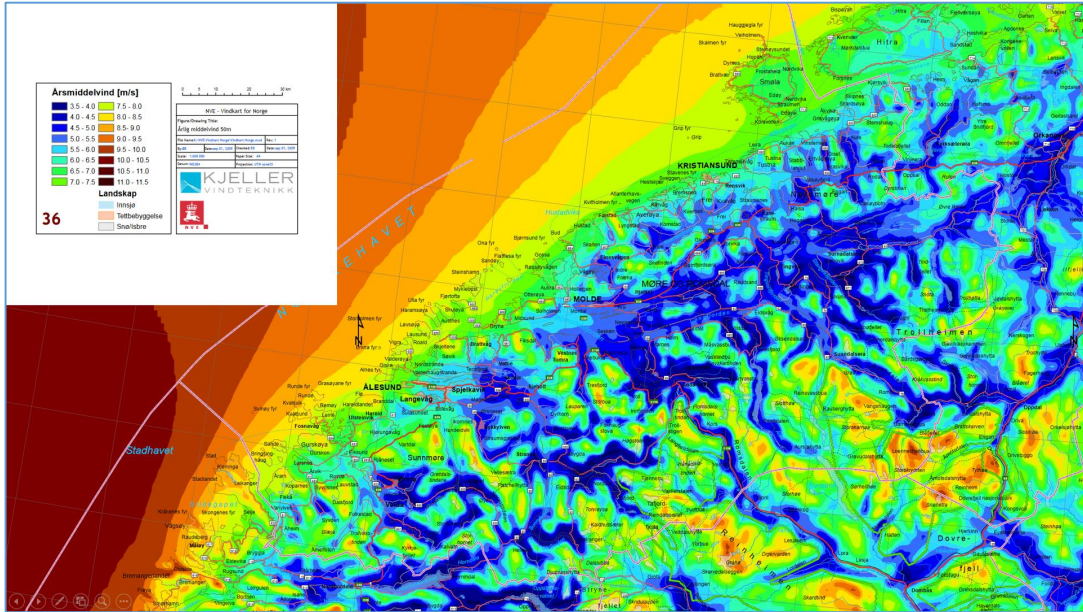
I denne delen går vi gjennom hvilke muligheter og argumenter som finnes for småskala vindkraft i Møre og Romsdal, herunder hvilke naturgitte forutsetninger som finnes, økonomisk konkurransekraft og mulige bruksområder. Sammen med en del utfordringer som identifiseres i neste del danner mulighetsrommet grunnlaget for forslag til videre arbeid.

○ Vindressurs

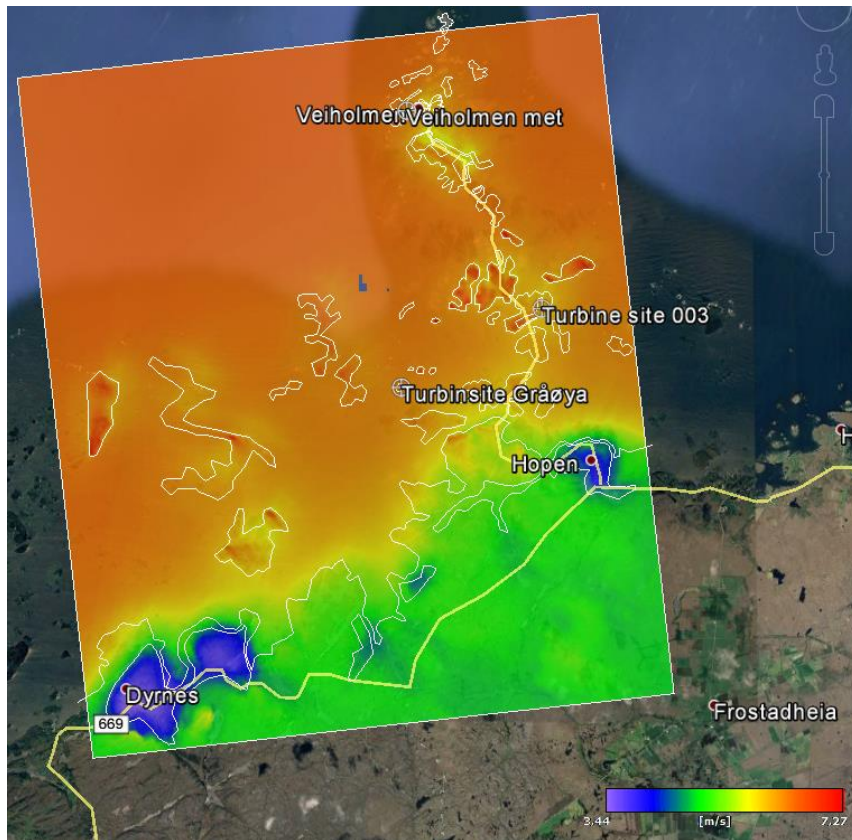
Som forklart innledningsvis er den aller viktigste forutsetningen for at småskala vindkraft skal kunne være et godt alternativ at man har en lokasjon med gode vindressurser. Som vist i formelen for produksjon fra en vindturbin innledningsvis øker energiinnholdet i vinden i et kvadratisk forhold. Det vil si at for hver dobling av vindhastigheten så øker energiinnholdet åtte ganger. For små vindturbiner vil en god tommelfingerregel være at det først blir verdt å se nærmere på hvis man har en lokasjon med antatt årsmiddelvind på 6 m/s eller mer. 6 m/s kan høres lite ut, men som årsmiddel i 10-15 meters høyde er det mye vind.

Kysten av Møre og Romsdal er et av stedene hvor vindhastigheter på 6 m/s eller mer ikke er uvanlige. Kartet i Figur 5 viser estimert årsmiddelvind i 50 meter høyde. Røde farger angir mye vind, blå farger lite vind og grønfarger vind fra 6,5 til 7,5 m/s. Som det framgår av kartet vil kyststripen av Møre og Romsdal ha vindforhold som kan være interessante for småskala vindkraft. Selv om middelvinden i 10-15 meters høyde vil være lavere enn i 50 meters høyde er det svært sannsynlig at man også i denne høyden vil finne lokasjoner med 7 m/s eller mer i årsmiddelvind. Et eksempel i så måte er Veiholmen på Smøla, hvor Meteorologisk Institutt har målt en snittvind på cirka 7 m/s siste 20 år. I Figur 6 er det tatt utgangspunkt i disse målingene og beregnet vindhastighet i 10 meters høyde for det omkringliggende området ved hjelp av vindanalyseprogramvaren WASP. Kartet viser at man på nord-vest Smøla kan finne lokasjoner med helt opp i 7,3 m/s i årsmiddelvind i 10 meter høyde. Figuren viser også hvor mye vindhastigheten i lave høyder reduseres i områder med mye bebyggelse eller høy og tett vegetasjon, som på Hopen og Dyrnes.

Det bør forventes at vindhastighetene lenger sør på Mørkysten er enda hakket høyere enn på Smøla. Det er altså all grunn til å anta at det finnes lokasjoner langs kysten av Møre og Romsdal med tilstrekkelige vindressurser til at det er mulig å få en betydelig produksjon fra småskala vindkraft. Den ideelle lokasjon vil ligge tett på kysten med mest mulig åpent terreng i sør-vestlig og nord-østlig retning.



Figur 5 – Vindkart for Norge utarbeidet av Kjeller Vindteknikk for NVE. Kartet viser estimert årsmiddelvind i 50 meters høyde. Røde farger angir mye vind, blå farger lite vind. (Figur fra NVE)

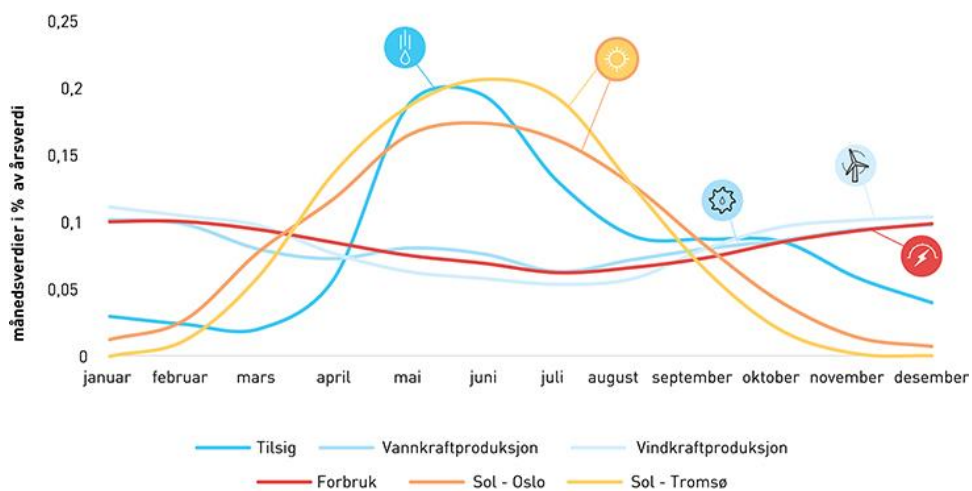


Figur 6 – Vindkart i for 10 meter høyde over nord-vest Smøla produsert i vindanalyseprogramvaren WAsP.

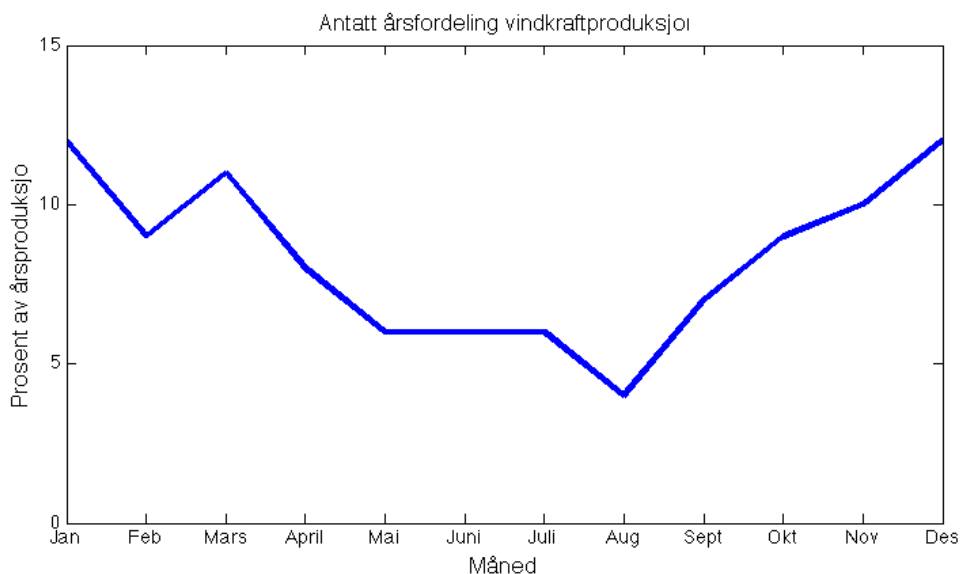
○ Forbruksprofil

Fordelingen av når man bruker strøm, både gjennom dagen og gjennom året, vil virke inn på lønnsomheten til en småskala vindturbin. Som tidligere vist med et talleksempel er økonomien i å selv bruke egenprodusert strøm langt bedre enn i å selge strømmen til nettet (ca. 95 øre/kWh mot ca. 35 øre/kWh). Det vil derfor være ønskelig at produksjonsprofilen matcher forbruksprofilen best mulig.

En svært stor andel av strømforbruket i norske husholdninger – over 60 % - går til romoppvarming. Dette er et forbruk som typisk er høyest når utetemperaturen er lav om vinteren, og resulterer i at strømforbruket til norske husholdninger varierer relativt mye gjennom året. Vindkraft har en fordel i det at fordelingen av produksjonen gjennom året gir en god match til forbruket, med høyere produksjon i vintermånedene og lavere i sommermånedene. Figur 7 viser forventede produksjonsprofiler for fornybare energikilder og forventet forbruksprofil i Norge. Som både Figur 7 og Figur 8 av estimert produksjon for et case på Flø i Ulstein kommune viser, stemmer vindkraft- og vannkraftproduksjonen svært godt overens med forbruket. For vannkraft sin del skyldes dette muligheten for magasinering og regulering, mens det for vindkraft skyldes at vinden normalt er sterkere om vinteren. Småskala vannkraft uten magasinering og solenergi vil ha en produksjonsprofil med klart høyest produksjon om sommeren og svært lav produksjon om vinteren. På samme måte vil solenergi ha høyest produksjon midt på dagen, og lavere produksjon morgen og kveld. Med fallende batteripriser er det ikke urealistisk at man innen få år kan jevne ut denne typen variasjon over døgnet. Å jevne ut årstidsvariasjoner vil imidlertid selv for en enkelt husholdning kreve svært stor lagringskapasitet og er urealistisk i overskuelig framtid.



Figur 7 – Forventet produksjonsprofil gjennom året for fornybare energikilder (vannkraft – blå, vindkraft – lys blå, solenergi – gul/oransje) og forventet forbruk (rød). (Figur fra Meld. St. 25 (2015-2016))



Figur 8 – Estimert produksjonsprofil fra småskala vindkraft for et case på Flø i Ulstein kommune. Variasjonen i produksjon stemmer godt overens med det nasjonale bildet i Figur 7, med høyest produksjon i vintermånedene og lavest i sommermånedene.

Konsekvensene av dette er at produksjonen fra småskala vindkraft i Norge i gjennomsnitt vil ha en noe høyere verdi per kWh enn produksjonen fra solenergi og småskala vannkraft uten magasinering. Introduksjon av hjemmelagring i batterier vil kunne redusere denne forskjellen noe, men vil på motsatt side innebære en økt investering i første omgang.

○ Økonomisk konkurransekraft

Småskala vindturbiner koster forholdsvis mye penger. For en velprøvd turbin av høy kvalitet med kapasitet 3-5 kW bør man beregne et utlegg på minst 300 000 kroner alt inkludert. En slik turbin vil ha en årsproduksjon et sted mellom 8 000 og 18 000 kWh på en god lokasjon. Hvis en antar en beregnet levetid på 15 år tilsier dette at man trenger en gjennomsnittlig inntjening på mellom 1,10 og 2,50 kroner/kWh for å gå i null. For en levetid på 20 år blir tilsvarende tall mellom 0,85 og 1,90 kroner/kWh. Og det er regnet uten kostnader til vedlikehold og finansiering. Gitt at man klarer å bruke 2/3 av den egenproduserte strømmen selv og kun må selge 1/3 på nettet vil gjennomsnittlig inntjening i dag være ca. 76 øre/kWh.

Den økonomiske konkurransekraften til småskala vindkraft vil styrkes av økende strømpriser, økende nettleie eller økninger i andre avgifter. Økning i nettleie eller avgifter vil ytterligere øke lønnsomheten i å ha en høy andel egenforbruk. I et lengre perspektiv – mot 2030 – er det mye som tyder på at både strømpris og nettleie kommer til å øke noe^{5,6}, men usikkerheten både mht. tid og størrelse på evt. endringer er store. Med tanke på små vindturbiners lange designlevetid – normalt 20-25 år - gjør dette

⁵NVE – Kraftmarkedsanalyse mot 2030

⁶EnergiNorge - Investeringer i strømmettet 2015 - 2025

likevel at vurderinger basert på dagens priser bør anses som svært konservative og med en betydelig oppside.

Prisingen av små vindturbiner har sterke skalaeffekter – jo høyere kapasitet jo lavere kostnad per produserte kWh. Den økonomiske konkurransekraften til småskala vindkraft vil derfor være bedre for større enn for små turbiner. Denne effekten kan likevel spises opp hvis økningen i kapasitet fører til at andelen egenforbruk blir lav.

- **Null/ plussus**

Energieffektivisering av eksisterende og nye bygg er et høyaktuelt tema både i Norge og ikke minst i EU, og sees som et viktig grep for å nå framtidige klimamål. Feltet er i rask utvikling i retning av stadig strengere krav til lavt energiforbruk. Som en del av EUs bygningsdirektiv⁷ ble det vedtatt at alle nye bygninger fra og med 2020 skal være såkalte «nær nullenergibygger». Innholdet i begrepet «nær nullenergibygger» ble overlatt til medlemslandene å definere, og det er også uenighet om hvorvidt direktivet må innlemmes i EØS-avtalen. Like fult har det alt fått konsekvenser for norsk bygningspolitikk, hvor det i 2012 ble vedtatt å skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til «nesten nullenerginivå» i 2020.

Lavenergibygger, og spesielt null- og plussus, er et spennende mulig bruksområde for småskala vindkraft. Dette er bygg hvor energi- og karbonregnskapet skal gå i null eller i pluss gjennom hele byggets levetid. I praksis vil dette måtte gjøres gjennom å bygge slik at bygget ikke bare bruker lite energi, men også produserer egen energi. Mange steder på Øst- og Sørlandet vil solceller være et naturlig valg for å oppnå dette, men på kysten av Vestlandet, som i Møre og Romsdal, kan solenergi-potensialet være så lavt at det blir vanskelig. Null-/ plussus basert utelukkende på solenergi vil også møte utfordringer i hvordan energiunderskuddet fra vinteren skal dekkes opp uten at det krever et kraftig overdimensjonert solcelleanlegg med påfølgende lav andel egenforbruk om sommeren. Som vist i vindkartet i Figur 5 og 6 og forbruks- og produksjonsprofilene i Figur 7 og 8 kan småskala vindkraft på Mørrekysten gi et viktig bidrag til egenproduksjon om vinteren.

Et av forholdene som gjør null- og plussus spennende er at man ikke lenger konkurrerer med nettet på pris, men mot alternative tiltak for å nå samme netto energiforbruk. Dette vil typisk være en kombinasjon av passive tiltak som isolasjon og varmegjenvinning og av aktive tiltak som solenergi, bioenergi eller jordvarme. Dette endrer regnestykkene og kan gjøre småskala vindkraft konkurransedyktig på lokasjoner med gode vindressurser. Potensialet antas å være størst der hvor flere boenheter kan gå sammen om anskaffelse av en noe større vindturbin (typisk 20 – 50 kW), og gjerne også i kombinasjon med andre fornybare energikilder.

- **Gårdsbruk og annen småindustri**

Gårdsbruk og annen småindustri vil kunne være kandidater for småskala vindkraft. Fordelene her ligger i at de ofte vil ha et tilstrekkelig stort egenforbruk av strøm til å kunne ha noe større turbiner, med de fordelene det innebærer for økonomien. De beste kandidatene vil være gårder eller industri

⁷ 2010/31/EU

som har et relativt jevnt strømforbruk, for eksempel der hvor strømmen primært går til varme eller kjøling. Gårder og industri som kan vise til at egenproduksjon av strøm fortrenger fossile energikilder, som diesel eller fyringsolje, vil også ha tilgang til bedre støtteordninger gjennom ENOVA.

Noe lenger fram i tid er det en klar bevegelse mot elektrifisering av maskinparken i landbruket, med stadig flere maskinprodusenter som viser fram eller tilbyr elektriske traktorer ol. Det er vanskelig å spå hvor fort denne utviklingen vil gå, men det framstår som usannsynlig at utviklingen ikke vil gå i retning elektrifisering. Sammen med en tilsvarende bevegelse mot økt automatisering/robotisering kan dette åpne nye muligheter for egenproduksjon av strøm både i nettilknyttede anlegg og i autonome microgrids.

- **Nettstabilisering/ tapsreduksjon/ frekvenskontroll**

En noe mer teknisk rolle småskala vindkraft kan spille er å yte ulike former for tjenester til nettet. Dette kan være å bidra til kontroll av spenning, å redusere overføringstap, bidra til frekvenskontroll eller å bidra til å redusere behovet for nettoppgraderinger. Dette vil kunne være spesielt relevant i tynt befolkede områder med store avstander, komplekst terreng osv. hvor nettet i utgangspunktet er svakt og nyinvesteringer vil komme få kunder til gode. Med bruk av batterilagring vil det også være mulig å bygge småskala vindkraft slik at det gir redundans i tilfelle strømbrydd. Bidrag til tapsreduksjon er alt lagt inn i dagens plusskundeordning, hvor det kommer som et lite påslag på prisen som gis for salg av egenprodusert strøm.

Bruk av småskala vindkraft og andre desentrale småskala energikilder er foreløpig et lite utforsket område, men potensialet øker med økende volum. Vi er kjent med at det i Danmark pågår forsøk hvor små vindturbiner skal brukes til frekvenskontroll. Implementering av denne typen funksjonalitet krever imidlertid både betydelig utbygging av digital infrastruktur og regelverksutvikling. Blant annet vil det kreve at eierne av små vindturbiner oppgir deler av kontrollen over dem til netteier som gis mulighet til å fjernstyre produksjonen. Gitt tilfeller hvor utbygging av småskala vindkraft reduserer behovet for nettoppgraderinger finnes det heller ikke retningslinjer for hvordan utgifter og innsparinger skal fordeles. Det er derfor lite sannsynlig at denne typen tjenester på kort sikt vil åpne store muligheter for småskala vindkraft, men på sikt kan det gi alternative inntekter i tillegg til strømproduksjon alene.

○ Utfordringer

I denne delen går vi gjennom det vi ser som hovedutfordringene for at småskala vindkraft. Tre hovedutfordringer indentifiseres – kartlegging av vindressurser, kostnader og generell kunnskapsmangel. Sammen med mulighetene i foregående del danner utfordringene grunnlaget for forslag til videre arbeid.

○ **Kartlegging av vindressurser**

Som det har blitt vist og poengtert gjentatte ganger i det foregående er vindressursen det aller viktigste spørsmålet når man skal vurdere potensialet for småskala vindkraft. Uten tilstrekkelig vind er et hvert prosjekt dømt til å bli en fiasko, nær uavhengig av strømpris og kostnader.

Det er tre hovedutfordringer knyttet til kartlegging av vindressurs:

1) At kjøpere og tilbydere av små vindturbiner undervurderer viktigheten av god ressurskartlegging.

Selv om det kan virke åpenbart, blir viktigheten av sikker kunnskap om vindressursen svært ofte undervurdert av både tilbydere og kjøpere av små vindturbiner. I en irsk undersøkelse kom det for eksempel fram at kun 20 % av kjøpere av små vindturbiner hadde gjennomført vindmålinger i nærheten av stedet turbinen ble satt opp. Bakgrunnen for dette er to-delt. For det første er vi mennesker veldig dårlige på å bedømme vind. Vi merker om det blåser lite eller mye, men klarer ikke å si om det blåser 6 m/s eller 7 m/s. Som årsmiddelvind vil det utgjøre en forskjell i produksjon på nær 60 %. For det andre er vi mennesker veldig mye flinkere til å huske ekstremer, det som skiller seg fra det normale. På et sted med sterk solgangsbris vil det for eksempel være lett å huske på at det blåser mye på ettermiddagen og kvelden, men glemme at det er tilnærmet vindstille midt på dagen. Resultatet av dette er at man vil ende opp med å overvurdere egen vindressurs.

Etter at NVES fikk noen medieoppslag på småturbinene vi har satt opp har vi mottatt et titalls henvendelser fra privatpersoner som har vært interessert i mulighetene for å sette opp sin egen vindturbin. Med to unntak kunne det raskt konkluderes at vindressursen høyst sannsynlig ikke var i nærheten av hva den må være for at småskala vindkraft kan være et interessant alternativ.

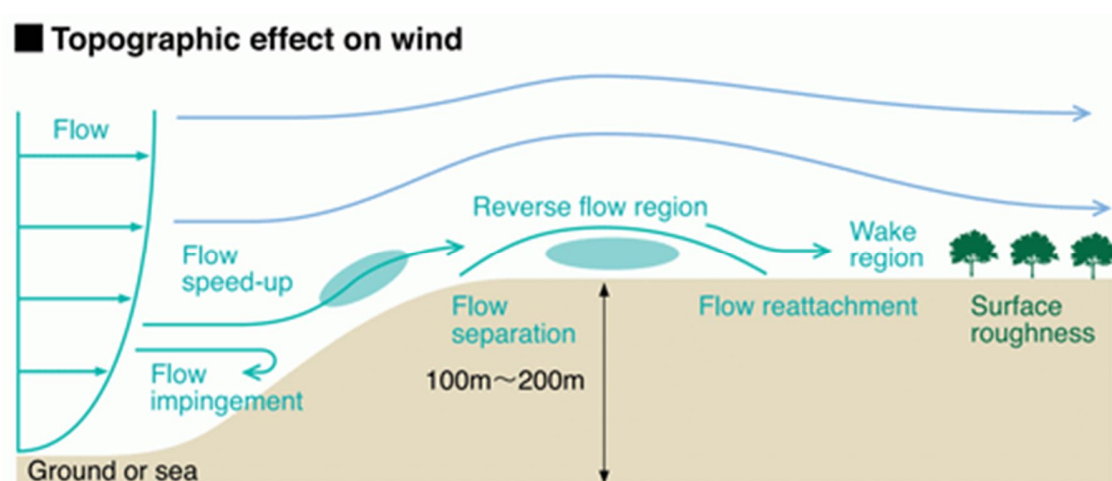
Som tilbydere av småskala vindturbiner vil det være mulig å begrense aktiviteten til rent salg, men dette vil utvilsomt være en kortsiktig løsning. Kunnskapsmangelen om vindressurs og vindkartlegging blant potensielle kjøpere er så åpenbar at det en slik tilnærming vil føre til er lavtproduserende turbiner, misfornøyde kunder og et dårlig rykte for småskala vindkraft. Skal småskala vindkraft bli en suksess er tilbydere nødt til å ta et betydelig ansvar for opplæring av potensielle kunder og for kvalitetssikring av potensielle kunders prosjekter.

2) At det er vanskelig å gjøre gode ressurskartlegginger til lav nok pris.

For storskala vindkraft finnes det gode og velprøvde rutiner for hvordan man kartlegger vindressurser og estimerer forventet produksjon. Som oftest innebærer slike minst én vindmålemast med samme høyde som de planlagte turbinene, flere år med målinger, korrigering mot lange tidsserier av vindmålinger og tilpassing til terreng, overflatedekke osv. Med numeriske modeller. Samlet kommer dette fort opp i kostnader på flere millioner kroner. For store

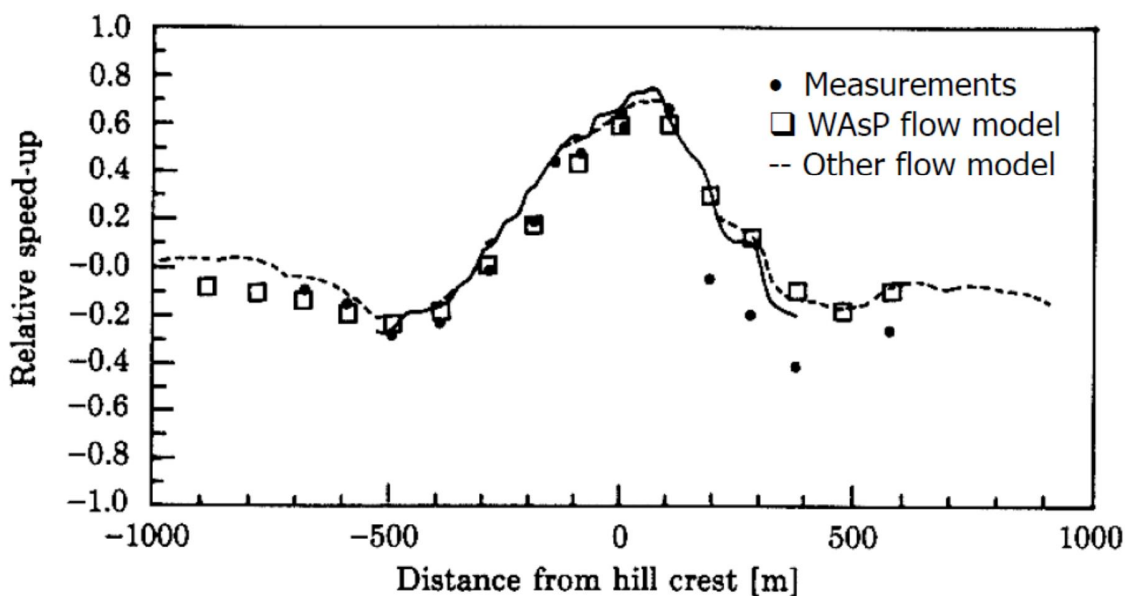
vindkraftprosjekter, hvor samlet investering gjerne er på flere milliarder kroner, er dette en enkel utgift å ta. For oppsetting av en småskala vindturbin, en investering på kanskje ikke mer enn 300 000 kroner, er det selvsagt helt umulig å følge samme fremgangsmåte.

Uheldigvis kan det også være mer krevende å kartlegge vinden og estimere produksjonen fra små enn fra store vindturbiner. Årsaken til dette er at små vindturbiner har lavere tårn og dermed befinner seg nærmere bakken. Nær bakken er vinden ofte sterkt påvirket både av terrengformasjoner, jorddekke osv. som kan gi store lokale variasjoner i vindhastigheten (se Figur 9). Betydningen av jorddekke (som regel omtalt som «Surface roughness» - et mål på friksjonen mellom vinden og jordoverflaten) medfører også at det kan være store årstidsvariasjoner og år-til-år variasjoner pga. snø og isdekke, sein/tidlig vår osv.



Figur 9 – Skisse av noen av forholdene som påvirker vinden i lav høyde.

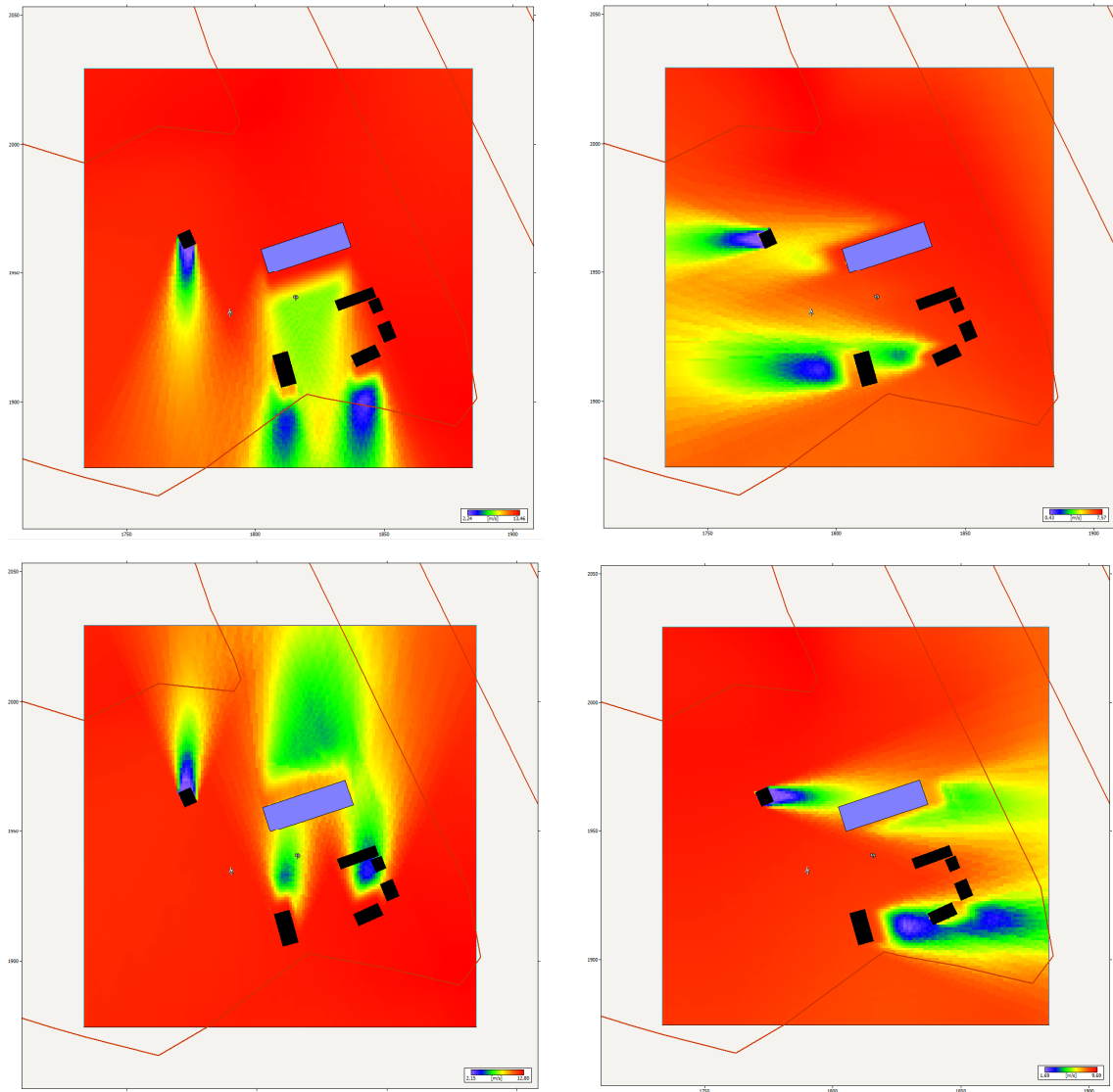
Figur 10 illustrerer hvor store forskjellene i vindhastighet kan være selv over små avstander. Grafen viser vindmålinger i 10 meters høyde fra Askervein i Danmark, en 110 meter høy bakke som har blitt mye brukt til validering av programvare for vindsimuleringer (grafene viser en sammenligning av softwaren WASP og «other»). Y-aksen angir relativ endring i vindhastighet (uforstyrret vind = 0) og x-aksen angir avstand fra baketoppen. I bakkant av baketoppen – området omtalt som «Reverse flow region» i Figur 9 – er endres vindhastigheten fra + 60 % til -10 % på under 100 meter. Grafen viser tydelig hvordan man ved å plassere turbinen riktig kan utnytte terrengformasjoner til egen fordel, og i motsatt fall at disse kan gi en betydelig reduksjon i vindressursen. Grafen viser også hvor stor innvirkning målepunktet har på antakelsene om vindressurs. Hadde man i dette tilfellet tatt utgangspunkt i målepunktet på toppen av bakken ville alle omkringliggende punkter innebære en «speed-down», og motsatt om man hadde valgt et målepunkt 400 meter i bakkant av baketoppen.



Figur 10 – Vindmålinger i 10 meters høyde fra Askervein i Danmark. Figuren viser vindmålinger fra hver 100 meter 900 meter før bakketoppen og 600 meter etter. Målinger er angitt med svarte prikker, Firkanter og stiplet linje angir modellresultater fra ulike vindsimuleringsprogramvare.

I tillegg til effekten av terreng og jorddekke kommer effekten av bygninger. Dette vil være spesielt viktig for små turbiner da det vil være naturlig å plassere disse tett på bebyggelse for å redusere behovet for lang kabling og å slippe å leie eksterne arealer. Bygninger påvirker i utgangspunktet vinden på samme måte som andre terrengformasjoner, men de skarpe vinklene og store flatene gjør at de ofte får veldig stor innvirkning på vinden i nærområdene. Bygninger har også den ulempen at formen deres (høyde, takvinkel osv.) sjelden inngår i topografiske kart. Dette gjør det arbeidskrevende å legge til bygninger i vindsimuleringsmodeller. Effekten bygninger har på vinden i 10 meters høyde er vist i Figur 11. Figuren viser hvordan bygningsmassen på Utsira Fyr påvirker vinden fra hhv. nord, øst, vest og sør. Rød og oransje angir svært god vindressurs, grønt og blått vindressurs som vil være uinteressant for småskala vindkraft. Bygningene har mønehøyde fra 5 til 10 meter. Det fargelagte området dekker et areal på 150 * 150 meter og er beregnet med en romlig oppløsning på 0.5 * 0.5 meter. Eksempelet viser med enda større tydelighet hvor avgjørende riktig plassering av turbinen vil være, og hvor store forskjeller avstander på het ned i 10 – 20 meter kan utgjøre i bebygde områder. På samme måte som Askervein-eksempelet viser også disse figurene hvor avgjørende målepunktet er for å kunne si noe om vindforholdene, og at for eksempel bygningsmonterte værstasjoner har svært stor risiko for å være sterkt påvirket og lite generaliserbare.

Den sterke påvirkningen fra bygninger tilsier naturlig nok også at bygninger som evt. settes opp etter at turbinen er installert, for eksempel på en naboeiendom, kan få store konsekvenser for produksjonen fra en liten vindturbin. Med en forventet levetid på 20 – 25 år er dette en risiko det i mange tilfeller er vanskelig å sikre seg mot.



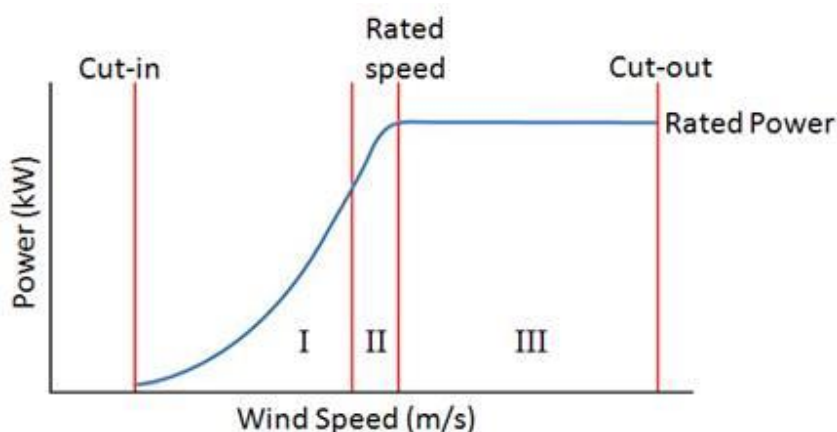
*Figur 11 – Virkningen av bygninger på vinden. Eksempel fra Utsira Fyr. Røde farger angir gode-svært gode vindressurser, grønne og blå farger for dårlige vindressurser til at småskala vindkraft vil være aktuelt. Den fargelagte firkanten dekker et område på 150 * 150 meter.*

Den sterke lokale innvirkningen fra terreng, overflatedekke og bygninger gjør også at det ikke er utarbeidet noe vindkart over Norge tilsvarende det i Figur 5 for lavere høyder enn 50 meter. Å skulle lage et slikt kart for 10 meter med tilstrekkelig oppløsning ville per i dag ikke være praktisk gjennomførbart da det ikke finnes datamaskiner med tilstrekkelig regnekraft til å klare oppgaven. Skulle man likevel lykkes ville det være så upresist på grunn av endringer i bygningsmasse, jorddekke som følge av årstidsvariasjoner osv. at det uansett måtte etterprøves. For små vindturbiner vil vindatlas derfor først og fremst ha den funksjonen at de kan brukes til screening av hvilke områder det kan være verdt å se nærmere på.

Samlet viser eksemplene over at det er svært krevende både å skaffe et godt bilde over den tilgjengelige vindressursen i et område og å bestemme den optimale lokaliseringen av en turbin. Ideelt sett vil det være ønskelig med både målinger over lang tid og detaljerte modellberegninger, men førstnevnte er tidkrevende og begge koster fort mye penger for utstyr, programvare og konsulentbistand.

3) At det er vanskelig å vite hvordan turbinen reagerer på vindforholdene.

Ytelsen til vindturbiner oppgis som oftest i form av en power curve, en graf med vindhastighet på x-aksen og produksjon på y-aksen. Det finnes internasjonale standarder for hvordan man beregner power curver for små vindturbiner, og også aktører som tilbyr ekstern verifisering, men det er i praksis opp til produsentene om man velger å følge disse eller oppgir ytelsen på en annen måte. Selv om målet med sistnevnte ofte er å gjøre informasjonen lettere forståelig, for eksempel ved å oppgi forventet årsproduksjon el.l. Sistnevnte er et problem da det vanskeliggjør sammenligning av turbiner fra ulike produsenter, og det innebærer også at det må gjøres en rekke antakelser om formen på sannsynlighetsfordelingen til vindhastighet og vindretning med mer som ofte kan være både vanskelig tilgjengelig og lite representativt.

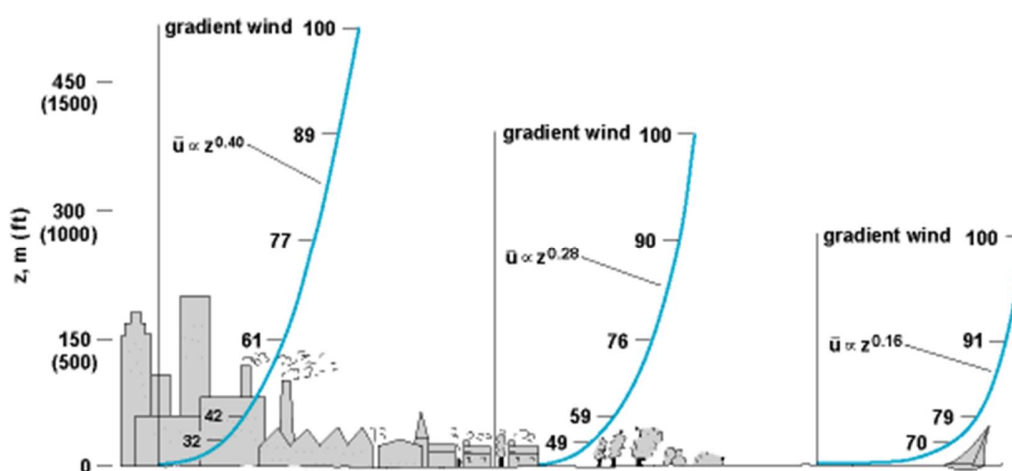


Figur 12 – Skisse av typisk power curve. «Cut-in» angir nedre grense (m/s) for oppstart, «Rated speed» ved hvilken vindhastighet turbinen når full produksjon og «Cut-out» når turbinen stenges ned pga. for mye vind. Vertikalakslede turbiner med savonius-type rotor vil som regel ikke ha en øvre «Cut-out» grense, men fortsette rundt full produksjon med økende vindhastighet.

Standardene for beregning av power curve innebærer at turbinen testes over en lengre tidsperiode på en godkjent lokasjon med et standardisert måleoppsett. Et krav for godkjente lokasjoner er at terrenget er svært flatt og lite komplekst, og at det har få hindre i form av bygninger eller høy vegetasjon. Gitt at målet er å gi et mest mulig riktig bilde av vindturbinens aerodynamiske egenskaper, og å gjøre det mulig å sammenligne ytelsen til ulike vindturbiner under likest mulig forhold er dette fornuftig. Denne typen forhold gir vindturbinene optimale arbeidsforhold med jevn, lineær (parallel med horisontalplanet) og lite turbulent vind. Ulempen er at dette er vindforhold man sjelden møter på lokasjoner det er aktuelt å plassere små

vindturbiner. Friksjonen vinden har mot jordoverflaten gir turbulens som brer seg opp til over rotorhøyden, og terreng og bygninger gir vind som kan være vinklet i forhold til horisontalplanet.

Figur 13 viser hvor høyt påvirkningen fra overflaten strekker seg i noen typiske miljøer. Spredt bebyggelse og åpent terreng (grafene i midten og til høyre) er de to so vil være mest relevante for Møre og Romsdal. De eksakte høydene vil variere med overflatetemperaturen, temperaturforskjellen mellom hav og luft, temperaturgradienten oppover i luftlagene m.m., men det generelle bildet er at jo mer kompleks og bebygget overflaten er, jo høyere opp må man for å finne uforstyrret vind. Over bymiljøer er det ikke uvanlig at forholdene man etterstreber å ha på testsiter for vindturbiner først inntreffer når man kommer mer enn 500 meter over bakken.



Figur 13 – Illustrasjon av overflatedekkets påvirkning av vinden for tre typiske miljøer – storby, spredt bebyggelse og åpent område/vann. Y-aksen angir høyde over bakkeplan, og tallene i kurvene hvor stor prosentandel av den uforstyrrede vindhastigheten man kan forvente i en gitt høyde over det aktuelle miljøet.

Konsekvensene av at informasjonen om ytelse til små vindturbiner i beste fall oppgis som en power curve under nær ideelle forhold er at den faktiske ytelsen til turbinene plassert på mer realistiske lokasjoner blir uforutsigbar. Det finnes et fåtall rapporter hvor små vindturbiners faktiske ytelse har blitt sammenlignet med informasjonen oppgitt fra produsent (power curve eller tall for forventet årsproduksjon), og nær samtlige turbiner som har blitt studert har vist seg å underprestere^{8,9}. I tilfellene hvor turbinene har blitt levert med eksternt verifisert power curve skyldes slike avvik at turbulens og vind i vertikalplanet gir vindturbinen lavere ytelse enn under ideelle forhold. For en kunde som kjøper en liten vindturbin og ikke har tilstrekkelig kunnskap om forutsetningene som ligger til grunn for ytelsen som oppgis kan dette fort komme som en negativ overraskelse.

⁸ <https://www.solacity.com/docs/Cadmus,P20Group,P20Report.PDF.pagespeed.ce.uEGbzhfQqh.pdf>

⁹ <https://www.solacity.com/docs/Warwick%20Wind%20Trials%20Report.pdf>

- **Kostnader**

Som vist i avsnittet om økonomisk konkurransekraft kan småskala vindkraft per i dag ikke konkurrere på pris mot strøm fra nettet i Norge. Små vindturbiner kan heller ikke vise til det samme prisfallet senere år som man for eksempel kan se for storskala vindkraft og solenergi. En viktig del av årsaken til dette skyldes at markedet er lite og produsentene mange. Dette gjør det vanskelig å realisere stordriftsfordeler i produksjonen. Per i dag er det ingen europeiske eller amerikanske produsenter av små vindturbiner som bedriver det man normalt vil anse som industriell produksjon av blader og andre viktige komponenter. Produksjonen er i stor grad manuell, og produksjonsutgiftene høye.

En annen viktig årsak, og konsekvens av at lønnsomheten til nå har vært såpass lav, er at markedet har vært sterkt støttdrevet. Støtteordninger er politisk styrte og må nødvendigvis ta langt bredere hensyn enn hva som er mest optimalt sett fra et vindkraftståsted, men i mange tilfeller framstår de også som vilkårlige og kontraproduktive. I flere land har man også slitt med uforutsigbarhet rundt framtidige støtteordninger, hyppige regelendringer og føringer som har krevd sub-optimale vindturbiner. Et godt eksempel på det siste er fra Storbritannia hvor støtteordningene er innrettet slik at det lønner seg å trimme ned turbiner framfor å dra nytte av skalaeffekter og utnytte turbinene best mulig. Et annet er fra Danmark hvor begrensninger i høyde gjør at man må begrense størrelsen på rotor, også her med resultat at turbinene produserer mindre enn de kunne ha gjort. Behovet for tilpassing til støtteordninger, og hyppige endringer i disse, har ført til at vindturbinene til stadighet må endres for å holde tritt. I neste omgang gjør dette at produsentene bruker mye ressurser på utvikling og lite på å få opp produksjonsvolum.

En tredje ting som er med å dra opp kostnadene er alle øvrige kostnader som tilkommer ut over turbinen. Adkomst til lokasjon, transport, fundamentering, installering, nettilknytning – alt koster penger. I Norge finnes det per i dag ingen aktører som tar totalansvar for hele prosessen med å levere en «nøkkelferdig» småskala vindturbin. Dette gjør prosessen arbeidskrevende, framdriften uforutsigbar og gir kundene stor usikkerhet rundt hva de samlede kostnadene vil bli.

- **Kunnskapsmangel**

Et resultat av det nær ikke-eksisterende markedet for små vindturbiner i Norge er at kunnskapsnivået om mulighetene som ligger i småskala vindkraft er lavt. Selv blant fremstående representanter for norsk miljøbevegelse er det en oppfatning at småskala vindkraft ikke fungerer til strømproduksjon, og kun er noe man kjøper fordi det ser tøft og «grønt» ut. I verste fall kan denne mangelen på synlighet føre til at småskala vindkraft ikke blir vurdert som alternativ i tilfeller der hvor forholdene ligger godt til rette.

Ut over det at småskala vindkraft kan være et alternativ der hvor forholdene ligger til rette, og hvordan man kan vite om de gjør det, er det ett sentrale spørsmål det er et stort behov for å få ut kunnskap om; Hvilke små vindturbiner fungerer, og hvilke gjør det ikke?

Det kan virke rart at dette spørsmålet i det hele tatt må stilles, men faktum er at det finnes utrolig mye rart ute på markedet. Svært få land stiller krav til noen form for sertifisering av små vindturbiner, verken for ytelse eller holdbarhet. I de få landene som stiller krav til sertifisering er det som regel for å få tilgang til støtteordninger. I Norge er det ingen krav om sertifisering av små vindturbiner, og

dermed fritt fram å selge hva som helst så lenge man klarer å finne kjøpere. Det har blitt gjort, og pågår fortsatt, diverse forsøk på å skape enighet om en sertifiseringsordning, men dette har foreløpig ikke lyktes. En viktig grunn til dette er at en omfattende sertifiseringsordning fort vil bli alt for dyr for små produsenter, og at alle nye kostnader vil redusere konkurransekraften til produkter som allerede sliter med å konkurrere på pris. På motsatt side er det vanskelig å skape tilstrekkelig tillit til en sertifiseringsordning som er billig og lite omfattende. Det er vanskelig å se at en samlet bransje skal klare å bli enige om en sertifiseringsordning, så skal dette skje må det trolig starte som et politisk pålegg i de største markedene. Risikoen er da stor for at man vil ende opp med flere ulike sertifiseringsordninger.

Konsekvensen av et stort antall produsenter, mange små og unge, og mangel på sertifiseringsordninger for ytelse eller holdbarhet er at mange små vindturbiner på markedet ikke lever opp til det de lover. I beste fall produserer de mindre enn lovet, og i verste fall virker de ikke i det hele tatt. Situasjonen som er beskrevet i avsnittet om hvordan turbiner reagerer på vindforholdene på faktiske lokasjoner er et best-case scenario og en problematikk som enn så lenge kun gjelder turbiner fra de største og mest vel-renommerte produsentene. Disse turbinene vil normalt også være sertifisert i de markedene som krever dette, og de vil være blant de dyreste. For flertallet av turbiner finnes det ikke ekstern verifikasjon av verken ytelse eller holdbarhet, og en avgjørelse om kjøp vil måtte baseres på informasjon fra produsenten og det de eventuelt måtte ha av referanser. Det har dessverre vist seg gjentatte ganger at produsenter overdriver både ytelse og holdbarhet, enten som en konsekvens av egen kunnskapsmangel eller som et resultat av rent juks. I flere av disse tilfellene har produsentene bak turbinene også vært så små og ustabile at eventuelle garantier i praksis har vært verdiløse. For en privatperson uten teknologi- eller bransjekunnskap kan markedet framstå som en jungel, og det er ikke lett å vite hvem man kan stole på.

En annen del av spørsmålet om hvilke turbiner som virker og ikke er hvilken turbindesign som passer til hvilket formål. De tre viktigste turbindesignene er vist i Figur 2. Disse har ulike fordeler og ulemper, og for at en småskala vindturbin skal bli en suksess er man avhengig av å velge rett type turbin til rett formål. De aller fleste turbinprodusenter vil hevde at deres turbin er en god match for så godt som enhver lokasjon, og legge stor vekt på deres turbins fordeler. I praksis er det imidlertid slik at alle turbindesign også har klare ulemper, og valg av riktig turbin vil vel så mye handle om å minimere effekten av disse. Horisontalakslede turbiner har sine største fordeler i et stort rotorareal med begrenset materialbruk og at teknologien er svært velprøvd og demonstrert, ulempene er at de fungerer dårlig i svært turbulent vind og i svært sterk vind. Vertikalakslede turbiner med savonius-type rotor har fordelene at de kan designes for å tåle ekstremt sterk vind og tøffe forhold, og ulempen at de er svært lite effektive. Vertikalakslede turbiner med darrieus-type rotor har fordeler i at de ikke trenger å justere rotoren opp mot vinden, at de er støysvake og at de i teorien kan designes for å starte opp i svak vind, og ulempene at de har et lite rotorareal i forhold til materialbruk og at de erfaringsmessig har vist seg å ofte ha problemer med holdbarheten. Noe forenklet vil det si at horisontalakslede turbiner er det beste valget der man har gode vindforhold og vil produsere billigst mulig strøm. Vertikalakslede savonius-turbiner er det beste valget der man trenger å drive noe som bruker lite strøm og befinner seg et sted med røffe værforhold langt fra folk. Vertikalakslede darrieus-turbiner er det beste valget dersom man primært skal ha en vindturbin som ser tøff ut og pris og produksjon er underordnet.

○ Konklusjoner

Småskala vindkraft har et beskjedent, men økende omfang globalt, med Kina som det klart største markedet. I Norge er omfanget per i dag begrenset til noen få håndfuller turbiner (sett bort ifra svært små turbiner brukt på hytter og båter), og størstedelen av turbinene som finnes er hovedsakelig motivert av det visuelle inntrykket snarere enn av mulighetene for produksjon av strøm. Dette gjør at mulighetene som ligger i småskala vindkraft er svært dårlig kjent i Norge, og at det sjelden vurderes som et reelt alternativ på linje med for eksempel solceller og jordvarme.

Småskala vindkraft har to hovedutfordringer i Norge – lav lønnsomhet og kunnskapsmangel. Kostnadene til innkjøp og installering av små vindturbiner er så høye at det er svært vanskelig å oppnå lønnsomhet sammenlignet med strøm fra nett uten støtteordninger. Per i dag er de norske støtteordningene for dårlige til å gi nevneverdig effekt. Småskala vindkraft har heller ikke opplevd det samme prisfallet som for eksempel solceller, mye grunnet at produksjonen fortsatt skjer i liten skala og med utstrakt bruk av manuelt arbeid. Uten sterkere vekst i det globale markedet er det lite som tyder på et snarlig prisfall.

Kunnskapsmangelen knytter seg både mulige bruksområder, vindressursen og teknologien i seg selv. Det er et svært utbredt problem at potensielle kunder overvurderer egen vindressurs, og skulle de være så heldige å ha mye vind er utvalget av små vindturbiner forsiktig sagt en jungel. Det er et stort behov for gode demonstrasjonsprosjekter, som kan vise hvilke muligheter som ligger i små vindturbiner når de brukes riktig. Leverandører og produsenter bør også ta et betydelig større ansvar for å veilede kunder om når småskala vindkraft gir mening og om hvilken teknologi som er egnet til hvilket bruksområde. Mangel på enhetlige standarder og uavhengige verifisering av påstander om ytelse og holdbarhet med mer gjør at deler av bransjen har et betydelig «ville vesten»-preg. Dette går ut over kunder, og i neste omgang over ryktet til småskala vindkraft. Det blir lagt ned mye arbeid i å prøve å etablere og skape enighet om sertifiseringsordninger, men fram til nå har dette vist seg vanskelig å få til.

Ut i fra dette kan det defineres tre områder som bør prioriteres i videre arbeid:

1) Demonstrasjonsprosjekter og kunnskapsspredning

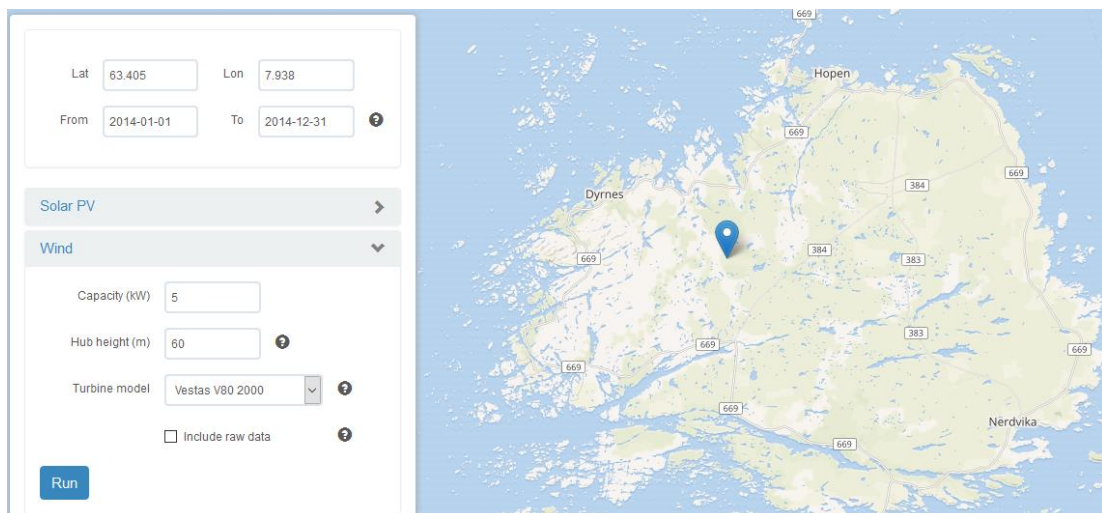
Testsiten på Smøla er en start, og det vil være en høyt prioritert oppgave å få til en god nettløsning med webkamera og informasjon om vind og produksjon i real time. Dette vil gi et realistisk bilde av hvilken produksjon som kan oppnås med en liten vindturbin plassert på en god lokasjon, og vil også utgjøre en god ressurs for skoleelever og studenter. Det bør være et mål å få utvidet testsiten med flere turbiner, fortrinnsvis av annen størrelse eller basert på annen teknologi.

Parallelt med testsiten på Smøla bør det jobbes med å få etablert et demonstrasjonsprosjekt med en liten vindturbin (og evt. solceller) tilknyttet en bolig, gårdsbruk eller småindustri i Møre og Romsdal. Tre suksesskriterier for et slikt demonstrasjonsprosjekt er at det må være et sted med en svært god vindressurs (6 m/s+), kunne forbruke en høy andel av strømproduksjonen selv og ha et strømforbruk som muliggjør en noe større turbin (15 – 25 kW). Aktuelle kandidater vil typisk være 4/8-mannsboliger, gårder med svine-, egg- eller kyllingproduksjon eller småindustri med et relativt jevnt strømforbruk.

2) Kartlegging og tilgjengeliggjøring av vindressurser

Solcelleleverandører har hatt stor suksess med å gjøre det lett for potensielle kunder å vurdere sitt egen solenergipotensielle og å beregne egen mulig produksjon. Det bør være liten tvil om at tilsvarende løsninger for vind ville bidra økt interesse for småskala vindkraft. NVE sitt vindatlas for Norge er en god kilde til informasjon om hvilke områder som egner seg for vindkraft, men dekker for høy høyde og har for lav romlig oppløsning til å brukes til å estimere produksjon eller vurdere lokalisering av små vindturbiner. Hovedutfordringer ved vindkartlegging for små vindturbiner er at man trenger gode lokale vindmålinger og datamodeller som med veldig høy romlig oppløsning for å fange opp effekten av terreng, bygninger osv. Førstnevnte kan fort bli kostbart, og sistnevnte er krever svært mye datakraft.

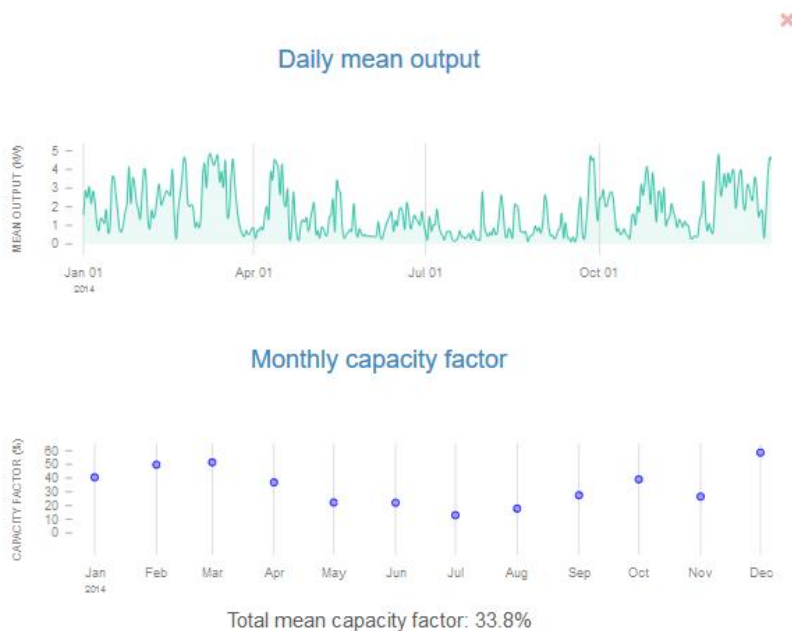
Det siste året har det dukket opp tre nettsider som gir potensielle kunder mulighet til å estimere egen vindressurs ved å angi turbinplassering på et kart. En dansk variant kalt myWindTurbine¹⁰, som bygger på storskala programvaren WASP, koster 59 euro per undersøkte turbinlokasjon. En lignende variant fra amerikanske AWS Truepower¹¹ er foreløpig gratis for privatpersoner, men er begrenset til staten New York og turbinhøyde på 25 meter. Den siste er et åpent prosjekt kalt Renewables.ninja som springer ut fra sveitsiske og britiske universitetsmiljøer. Denne skiller seg fra de to andre ved at både kildekode og grunnlagsdata er åpent tilgjengelige. Slik Renewables.ninja framstår i dag er løsningen verken brukervennlig nok eller nøyaktig nok til å brukes for å bestemme lokalisering av små vindturbiner. Kombinert med lokale målinger og mer detaljert kartinput vil den imidlertid ha et stort potensiale. Norge har i så måte en fordel over de fleste andre land gjennom at kartdata av høy kvalitet er åpent og gratis tilgjengelig. Å komme i mål med en fullgod og brukervennlig løsning vil imidlertid kreve omfattende arbeid og utstrakt samarbeid med bl.a. IT-utviklere.



Figur 14 – Brukergrensesnitt i Renewables.ninja.

¹⁰ myWindTurbine.com

¹¹ <http://nyswe.awstruepower.com/>



Figur 15 – Output fra Renewables.ninja for 5 kW vindturbin plassert i Smøla vindpark.

3) Kostnadsreduksjon

Som poengtert gjentatte ganger er manglende lønnsomhet en av de største utfordringene for småskala vindkraft i Norge. Det kanskje viktigste grepet for kostnadsreduksjon, å få opp produksjonsvolum, er vanskelig for en liten aktør i Norge å gjøre noe med, men totalkostnadene i et småskala vindturbinprosjekt inneholder mer enn bare turbinen. Et område med betydelig potensiale for kostnadsreduksjoner er vindmåling og vindanalyse. Kostnadene til dette (sammen med manglende kunnskaper) medfører i dag at svært mange enten slurver eller helt dropper å gjøre vindmålinger, med de risikoene det innebærer. En interessant idé vil her være å bruke muligheter innen rimelig mikroelektronikk til å senke terskelen for å foreta vindmålinger. Dette vil gi lavere presisjon i enkeltmålinger sammenlignet med profesjonelt utstyr, men vil kunne gi store forbedringer sammenlignet med fravær av vindmåling eller enkle forbrukermarked-værstasjoner. Som input i en online vindkartleggingsløsning som skissert over vil dette ha potensiale til å gjøre forundersøkelsene både enklere og billigere, og i mange tilfeller bedre.

Et annet område for potensielle kostnadsreduksjoner vi har identifisert er tårn og fundamentering. Produsentene av små vindturbiner er ikke vant med å ha tilgang på grunnfjell av høy kvalitet, og tilbyr derfor bare tårnløsninger for betongfundament. I tilfeller hvor man har tilgang på berggrunn innebærer dette at man enten må støpe en betongkloss oppå berget, eller sprengte et hull og fylle i med betong. For 5 kW-turbinen vi etter mange runder med argumentasjon og beregninger aksept for å fundamenterer med stag i fjell. Inkludert kostnader til rådgivende ingeniør for styrkeberegninger og en dimensjoneringsløsning på den overdimensjonerte siden endte vi opp med en liten besparelse sammenlignet med betongfundament. Med en standardisert løsning for berg med mer presis dimensjonering ser vi for oss at dette kan gi en betydelig innsparing. Det vil være et mål å få en gruppe bachelorstudenter til å jobbe med denne problemstillingen våren 2018.

Et tredje område med potensiale for kostnadsreduksjon er å se hele prosessen fra forundersøkelse til ferdig installert turbin i sammenheng, og jobbe fram en mest mulig strømlinjeformet prosess med minst mulig venting og færrest mulig aktører. I tillegg til å kunne gi reduserte kostnader vil dette gi potensielle kunder økt forutsigbarhet rundt tidslinje og total kostnader. Et første steg på veien vil her være å gjøre en grundig gjennomgang av hele prosessen ved oppsetting av en liten vindturbin inkludert regelverk, kompetansebehov, tidsbruk, kostnader osv., systematisere dette og undersøke muligheter for effektivisering eller synergier som kan gjøre prosessen raskere og billigere.