

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma / energia- ja ympäristötekniikka

Janne Roslund

TUULIVOIMALAITOSPROJEKTIN VAIHEET

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

ROSLUND, JANNE	Tuulivoimalaitosprojektin vaiheet
Opinnäytetyö	38 sivua + 4 liitesivua
Työn ohjaaja	Osaamisalapäällikkö Markku Huhtinen
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Joulukuu 2011	
Avainsanat	tuulienergia, uusiutuvat energialähteet, tuulivoimahankkeet, kaavoitus, tuulivoimalat

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä selvitys tuulivoimalaitosprojektin vaiheista. Tavoitteena oli kertoa yleisesti tuulivoimasta, projektin vaiheista ja tuulivoimasta Kymenlaaksossa.

Työn alussa kerrotaan tuulivoiman historiasta, tekniikasta ja kehittämisestä. Pääpaino työssä on projektin vaiheiden selvityksessä. Vaiheista pyritään kertomaan mahdollisimman laajasti perehtymättä liikaa yhteen vaiheeseen. Tarkoituksena on selvittää, kuinka projekti etenee ideasta käyttöönottoon.

Kymenlaakson tuulivoiman kannalta työssä käsitellään nykyistä tilannetta, sekä käynnissä olevia ja tulevia hankkeita. Käynnissä olevista ja tulevista projekteista ja hankkeiden etenemisestä hankittiin tietoa puhelinhaastatteluilla yrityksistä.

Mitään hankkeen vaiheista ei voida pitää toista tärkeämpänä, ja jokainen vaihe tulisi aloittaa mahdollisimman aikaisin. Projektin kokonaiskesto on 1,5-3 vuotta, mutta toteutusedellytyksien ollessa hyvät voidaan hanke toteuttaa nopeammin. Minimiaikana kuitenkin voidaan pitää noin yhtä vuotta. Tuulivoimalla on Kymenlaaksossa hyvät tulevaisuuden näkymät.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

ROSLUND, JANNE

The Phases of a Wind Power Plant Project

Bachelor's Thesis

38 pages + 4 pages of appendices

Supervisor

Markku Huhtinen, Manager of Departments

Commissioned by

Kyminlaakson ammattikorkeakoulu

December 2011

Keywords

wind energy, renewable energy sources, wind power projects, zoning, wind power plants

The objective of the thesis work was to study the phases of a wind power plant project. The aim was to give a general report on wind power, its project phases and the wind power in Kymenlaakso.

The paper begins with a report about the history of wind power, the technology of wind power and how wind power has developed. The emphasis in the work is on the phases of a wind power project. The aim is to report on the phases as widely as possible without telling too much about one phase. The purpose was to obtain information on how the project progresses from idea to deployment.

This paper discusses the current situation of the wind power in Kymenlaakso including its ongoing and future projects. To get information on the ongoing and upcoming projects, companies were interviewed by telephone.

None of the phases of a project can be considered any more important than other, each phase should be started as early as possible. The total time on a project is approximately 1.5-3 years, but if the execution requirements are good, project can be implemented more quickly. However, about one year can be regarded as a minimum. The wind power in Kymenlaakso has good future prospects.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Yleistä tuulivoimasta	6
1.2	Työn tavoite ja rajaus	6
1.3	Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tuulivoimahankkeet	7
1.4	Tietolähteet	7
2	TUULIVOIMALAN TEKNIikka	8
2.1	Pääkomponentit	8
2.2	Konehuone	9
2.3	Lavat	9
2.4	Tuulivoimalan kehitys	10
2.5	Hyötysuhde	10
3	TUULIVOIMA SUOMESSA	11
4	PROJEKTIN VAIHEET	14
4.1	Esiselvitys	14
4.1.1	Sopivan alueen etsintä	14
4.1.2	Tuulimittaukset	15
4.1.3	Ympäristövaikutukset	16
4.1.4	Toteutusorganisaatio	17
4.2	Alueen kaavoitus	17
4.2.1	Maakuntakaava	18
4.2.2	Yleiskaava	19
4.2.3	Asemakaava	19
4.3	Hankkeen toteutus	19
4.3.1	Neuvottelut maa-alueesta	19
4.3.2	Sopimukset sähkö- ja verkkoyhtiön kanssa	20
4.3.3	Luvat	21

4.3.4	Turbiinien hankinta ja hankintasopimus	22
4.3.5	Maanrakennus	23
4.3.6	Sähkötyöt	24
4.3.7	Laitosten kuljetus ja pystytys	25
4.3.8	Takuu, huolto ja koulutus	26
4.3.9	Testaus	27
4.4	Projektin kulku	27
5	TUULIVOIMALAITOSPROJEKTIT	28
5.1	Projektit Suomessa	28
5.2	Projektit Kymenlaaksossa	28
5.2.1	Kotkan Energia Oy	29
5.2.2	Haminan Energia Oy	30
5.2.3	Tuuliwatti Oy	31
5.2.4	Kotkamills Oy	31
5.2.5	VentusVis Oy	32
6	YHTEENVETO	33
LIITTEET		
Liite 1. Kymenlaakson maakuntakaava, maaseutu ja luonto		
Liite 2. Esimerkki kokonaisaikataulusta		
Liite 3. Esimerkki jana-aikataulusta		

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä tuulivoimasta

Tuuli on maailman vanhimpia energianlähteitä. Aluksi tuulivoimaa käytettiin merenkulussa ja viljan jauhamisessa. Tänäkin päivänä voidaan nähdä käytössä olevia mekaanisia tuulimyllyjä ja tuulivoimavetoisia tuuletus- ja vedenpumppauslaitoksia. Tuulivoiman rinnalle on kehittynyt vesivoima ja myöhemmin höyryvoima, polttomoottorit sekä ydinvoima. (1.)

1970-luvun öljykriisi käynnisti kiinnostuksen ja tutkimukset tuulienergiaa kohtaan. 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa tutkimukset keskittyivät suuriin, useiden megawattien tehoisiin koelaitoksiin. Nämä kuitenkin todettiin epätaloudellisiksi. 1970–80 lukujen vaihteessa Tanskassa ja Kaliforniassa käynnistyi toisenlainen kehitys; verohelpotusten ja investointitukien avulla saatiin pienistä, 10 – 55 kW:n laitoksista taloudellisesti kannattavia. (2, 6.)

1990-luvulla teknisten konseptien kirjo kasvoi, vaikka laitokset ulkoisesti hyvin samanlaisia. Vaihteettomat laitokset, joissa hitaasti pyörivä erikoisgeneraattori on kiinni roottorin navassa ilman erillistä pääakselia ja vaihdetta, kasvattivat markkinaosuuttaan. Generaattoritekniikan kehittyessä mahdollistui roottorin pyörimisnopeuden vaihtelun salliminen tuulen nopeuden muuttuessa. Suurissa kokoluokissa on lapakulman säätöön perustuva tehon rajoitus yleisempi ratkaisu kuin passiivinen sakkaurajoitus. (3.)

Tämän hetken suurimmat laitokset ovat kaikki edelleen kolmilapaisia ja lähes kaikissa niissä on ylennysvaihte ja induktiogeneraattori. Vallitsevin ratkaisu tässä kokoluokassa on portaaton kierrosnopeuden säätö ja säädettävä lapakulma. Viime vuosina ovat yleistyneet myös hitaasti pyörivät vaihtuvanopeuksiset kestromagneettigeneraattorilaitokset. (3.)

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä selvitys tuulivoimalaitosprojektin vaiheista. Työssä ei kuitenkaan ollut tarkoitus mennä liian syväälle jokaiseen vaiheeseen, vaan tehdä yleispiirteinen kuvaus vaiheista ja niiden tarkoituksesta.

Työhön sisältyy myös yleistä tietoutta tuulivoimasta, sen historiasta ja tekniikasta. Selvitykseen sisällytettiin myös tuulivoima nykytilannetta Suomessa ja maailmalla.

Pääasiana tässä työssä on projektin läpikäyminen vaiheittain, suunnittelupöydältä käyttöönottoon. Yhtenä käsiteltävänä asiana ovat tuulivoimalaitosprojektit Suomessa ja tarkemmin Kymenlaaksossa.

Kymenlaakson projekteista oli tarkoituksena hankkia tietoa käynnissä olevista hankkeista sekä suunnitelluista projekteista.

1.3 Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tuulivoimahankkeet

BLESK on kolme vuotta kestävä projekti, jonka tavoitteena on edistää tuulivoima-alaa venäläis-suomalaisena yhteistyönä. Hankkeessa mm. selvitetään Leningradin alueelle suunnitellun tuulivoimapuiston kannattavuutta. Tämä opinnäytetyö liittyy Blesk-hankkeen osaprojektiin, jossa on tarkoitus tuottaa tuulivoima-alaan liittyvää koulutus- ja tiedotusmateriaalia.

Renewtech-hankkeessa kehitetään tuulivoimateknologiaa ja -liiketoimintaa Etelä-Suomessa 2011 – 2013. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun osuus projektista on tuulivoimalaa palvelevien testaus- ja koulutuspalveluiden kehittäminen. Kun tuulivoimalaitosprojektin vaiheet on selvitetty, voidaan tämän opinnäytetyön pohjalta jatkaa kunkin projektivaiheen osaamistarpeiden selvitykseen ja sitä kautta koulutustarpeiden selvitykseen.

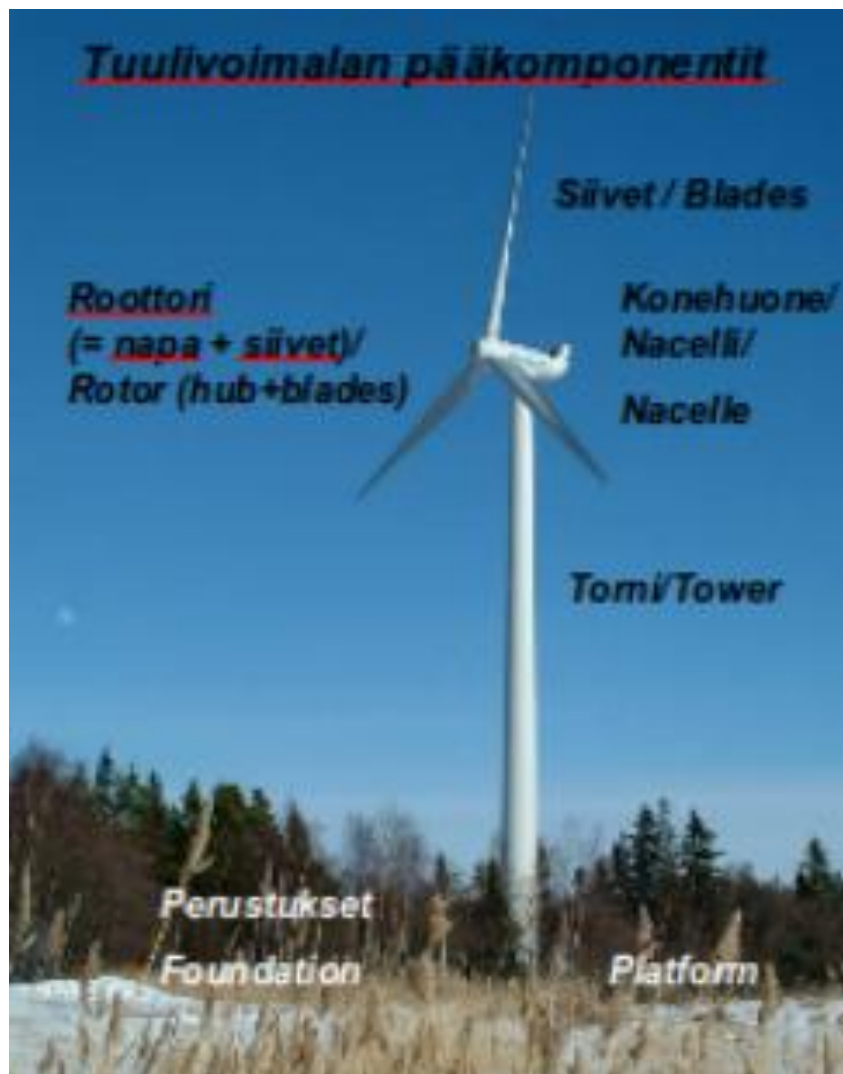
1.4 Tietolähteet

Tiedonhankinnassa käytin Internet-lähteitä, haastatteluja ja kirjallisuutta. Kymenlaakson tuulivoimaprojekteista tietoja sain puhelinhaastatteluilla yrityksistä. VTT:n tuulivoimatilastoista sain tietoa Suomen tuulivoimakapasiteetin kehityksestä ja nykytilanteesta.

2 TUULIVOIMALAN TEKNIikka

2.1 Pääkomponentit

Tuuliturbiinista puhuttaessa tarkoitetaan koko tuulivoimalaitosta, johon kuuluu roottori (napa ja lavat/siivet), konehuone, masto ja perustukset (4). Tuuliturbiini on kone, jolla tuulen liike-energia muutetaan turbiinin akselin pyörimisenergiaksi (mekaaniseksi energiaksi). Akseli taas pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria.



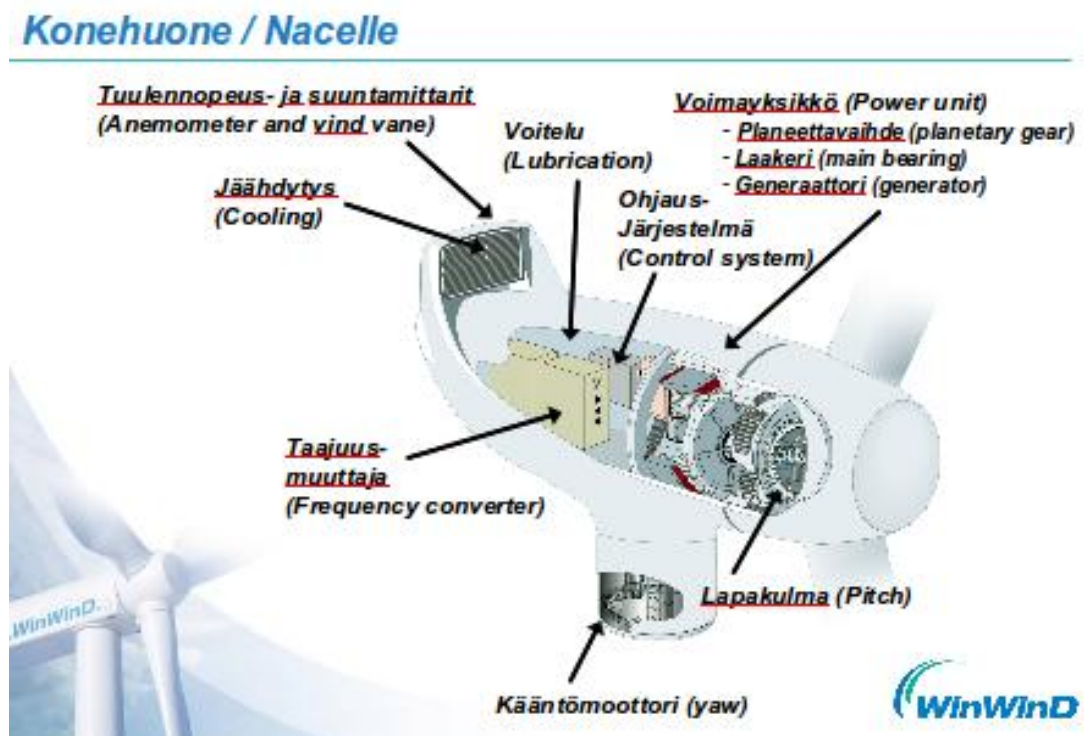
Kuva 1. Tuulivoimalan osat (4).

Kaupalliset 1 – 5 MW:n laitokset ovat kolmilapaisia, vaaka-akselisia ja niiden roottori on torniin nähden tuulen yläpuolella. Yleisin energiantuotannossa käytetty tyyppi on kolmilapainen vaaka-akselinen etutuulipotkuri, ja se on myös taloudellisesti edullisin. Sillä on suuri pyyhkäisyypinta-ala, ja tuotto on suoraan verrannollinen pyyhkäisyypinta-

alaan. Pyyhkäisyypinta-alaan nähden potkurin pinta-ala on pieni (2 – 3 prosenttia) eli suuren pinta-alan käyttöön tarvitaan vähäinen määrä materiaalia. (5.)

2.2 Konehuone

Konehuoneessa sijaitsee vaihteisto, generaattori sekä säätö- ja ohjausjärjestelmät. Vaihteisto muuntaa roottorin kierrosluvun (10 – 40 rpm) generaattorille sopivaksi (1000 – 1500 rpm). Yleisimmin generaattori on 4- tai 6-napainen epätahtigeneraattori, jolloin sen pyörimisnopeus määräytyy sähköverkon taajuudesta. Erilliset moottorit kääntävät suunta-anturin ja säätölaitteen avulla konehuonetta tuulen suuntaan. Yleensä konehuoneen runko ja kuori valmistetaan teräksestä tai lasikuidusta. (2, 12.)



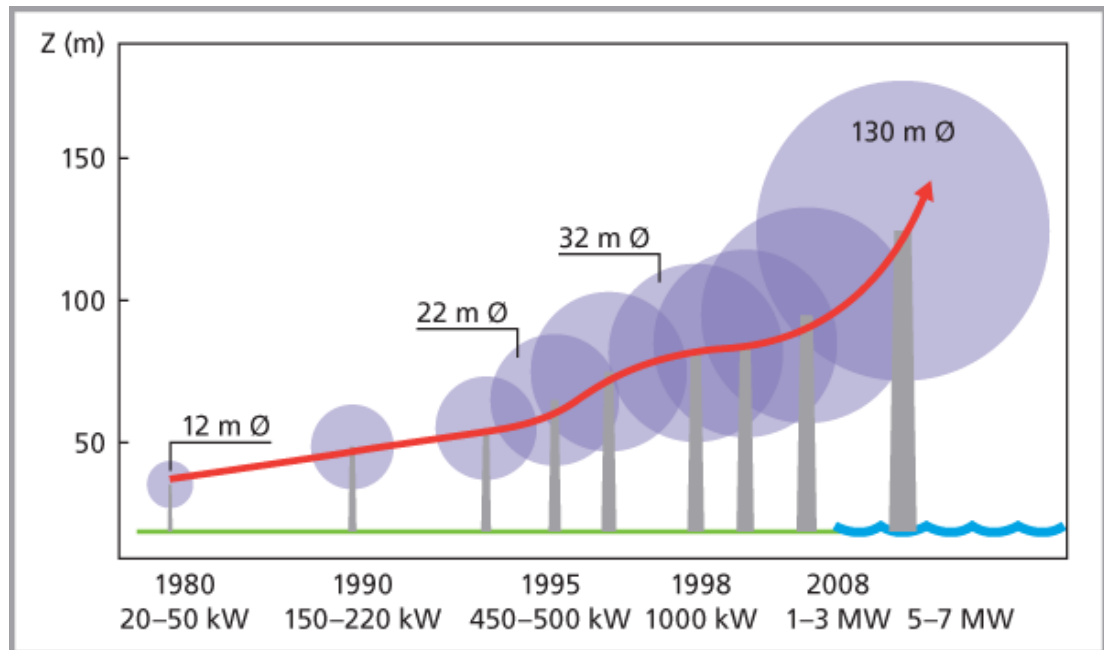
Kuva 2. Tuulivoimalan konehuone (5).

2.3 Lavat

Yleisin lapojen rakennusmateriaali on komposiittimateriaalit, joissa käytetään lasikuitua ja joskus myös hiilikuitua tai puuta yhdessä epoksin tai polyesterin kanssa. Lavat toimivat myös laitoksen tehonsäätö- ja pysäytysmekanismina. Tehon säätö perustuu sakkaukseen tai lapakulman säätöön. (2, 12.)

2.4 Tuulivoimalan kehitys

Kehitys tuulivoimatekniikassa on kahtena viime vuosikymmenenä ollut erittäin nopeaa. 1980-luvun alusta 2000-luvun alkuun tuulivoimaloiden nimellistehot ovat noin satakertaistuneet. Tuulivoimalan kokonaiskorkeus voi nykyisin olla yli 100 metriä ja teho 2 – 3 MW. Varsinkin merelle rakennettavien tuulivoimaloiden laitoskokojen kasvu jatkuu edelleen. (6, 5.)



Kuva 3. Tuulivoimaloiden koko 1980-luvulta lähtien (4).

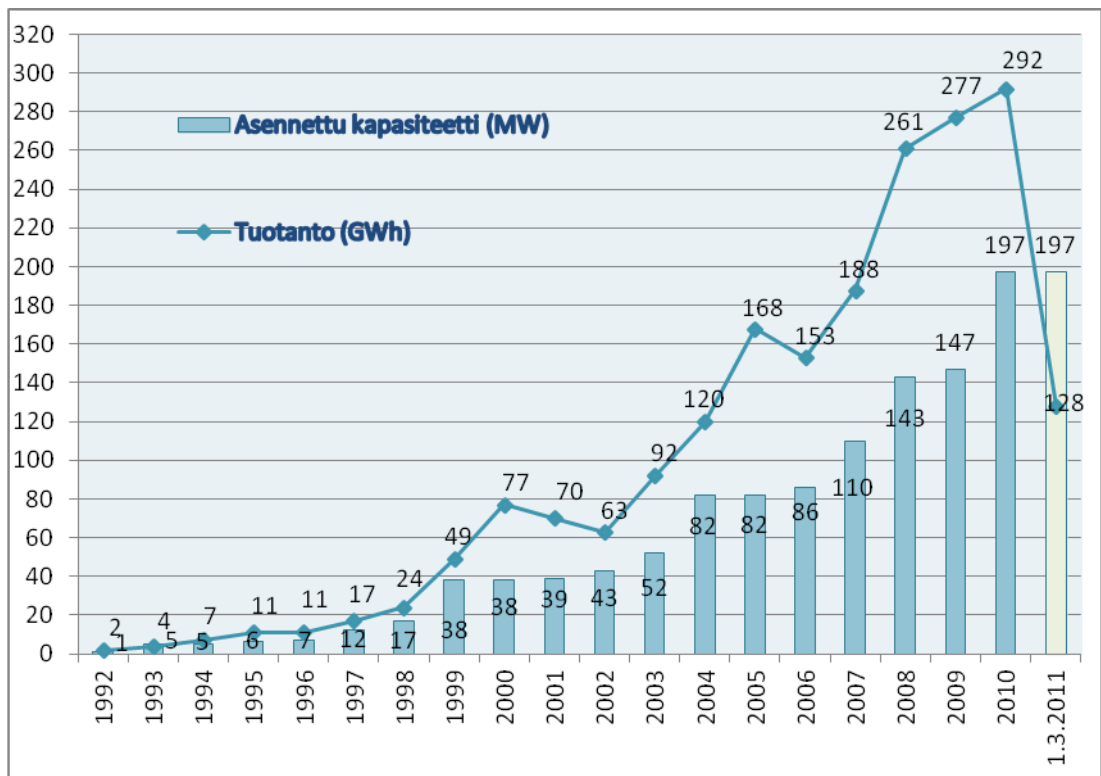
2.5 Hyötysuhde

Tuulivoimalaitoksen roottorin läpi virtaavan ilmassan tehosisällöstä saadaan teoriassa hyödynnettyä noin 59 %, joka näin ollen on tuulivoimalaitoksen teoreettinen maksimihyötysuhde. Häviöt johtuvat siitä, että tuulen nopeus roottorin takana on pienempi kuin ennen roottoria, ja nopeuden pienentyessä ilmassa laajenee, koska ilmavirta säilyy vakiona. Käytännössä tuulivoimalaitosten roottorihyötysuhteet ovat maksimissaan 50 %. (2, 10.)

Häviöitä syntyy mm. virtauksen turbulentsisuudesta sekä lapaprofiilin ja roottorin pyörimisnopeuden epäoptimaalisuudesta. Hyötysuhdehäviöitä syntyy roottorin lisäksi myös mekaanisessa voimansiirrossa, generaattorissa, muuntajassa ja kaapeleissa, mutta nämä eivät ole kokonaiskeskiarvo hyötysuhteen kannalta kovin merkityksellisiä. Hetkittäinen kokonaishyötysuhde on parhaimmillaan 45 - 50 %. (2, 10.)

3 TUULIVOIMA SUOMESSA

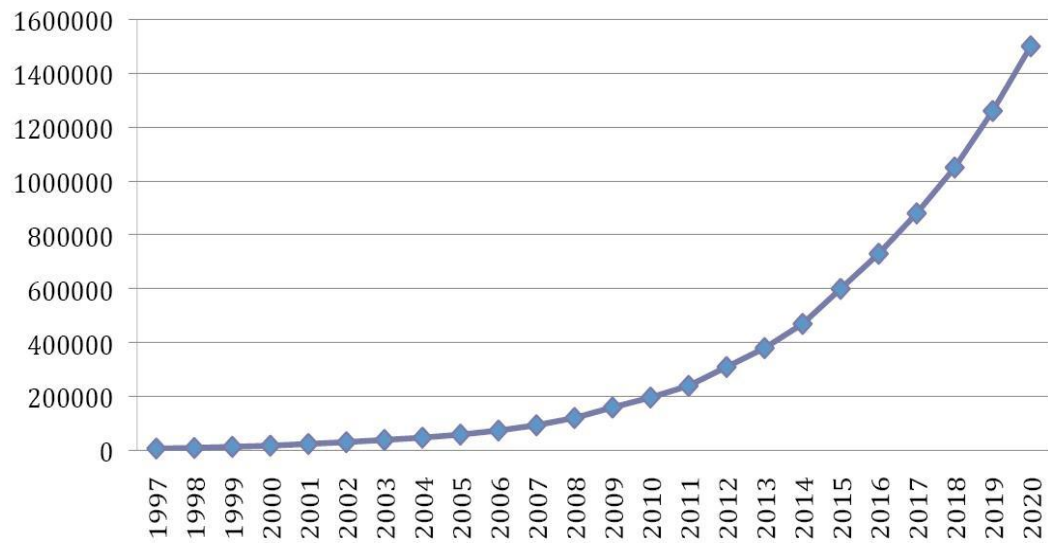
Suomessa tuulivoiman hyödyntämisen kehittyminen on ollut vaatimatonta, kun sitä verrataan muualla maailmassa tapahtuneeseen kehitykseen (7). Vuonna 2008 suomessa oli 118 verkkoon kytkettyä yli 70 kW:n tehoista tuulivoimalaitosta, yhteensä 143 MW, ja tuulisähkön tuotanto oli 261 GWh (8, 23). Suomen tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2009 lopussa 147 MW ja tuulisähköä tuotettiin 277 GWh, joka oli noin 0,3 % kokonaissähkönkulutuksesta (9, 23; 7).



Kuva 4. Tuulivoimakapasiteetin ja tuulisähköntuotannon kehitys Suomessa, vuodesta 2011 saatavilla vain 1/3 tiedot (10).

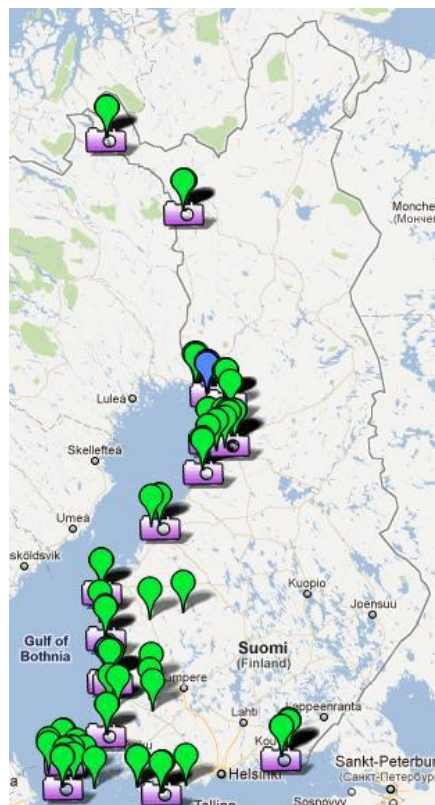
Asennetun kapasiteetin kasvu ja vaihtelevat tuuliolosuhteet vaikuttavat olennaisesti tuulivoimatuotantoon. Vuoden 1999 loppuun jatkuneella tuotantokapasiteetin lisäyksellä selittyi tuotannon kasvu. Tuulisähkön tuotanto laski vuodesta 2000 vuoteen 2002, koska kapasiteetti pysyi lähes samana ja vuodet olivat heikkotuulisempia. Sama ilmiö oli huomattavissa vuosina 2005 ja 2006. Vuonna 2006 asennettiin vähän uutta kapasiteettia. Kun tuuliolosuhteet olivat edellisvuotta heikkomat, tuotantokin oli edellisvuotta alhaisempi. (7.)

Total Installed Wind Capacity 1997-2010 [MW] Development and Prognosis



Kuva 5. WWEA:n (World Wind Energy Association) arvio tuulivoiman asennetun kapasiteetin muutoksesta vuoteen 2020 asti (11, 18).

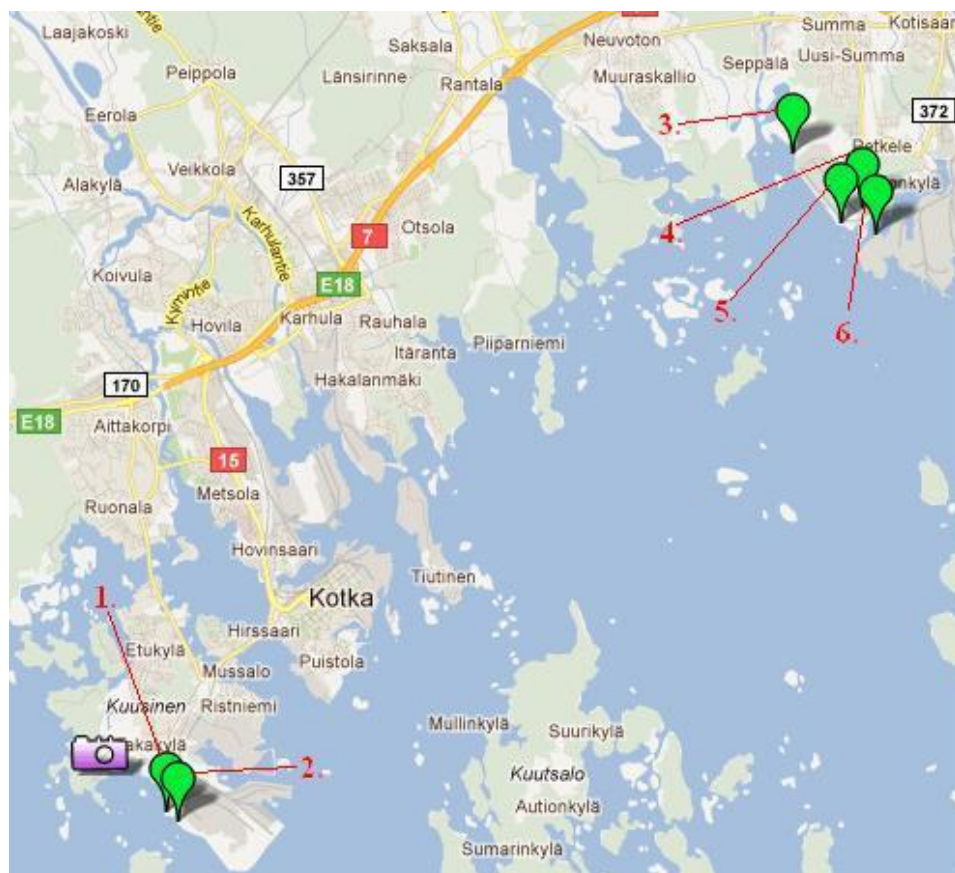
Maailman maiden keskinäisessä vertailussa Suomi oli asennetussa kapasiteetissa vuonna 2010 sijalla 34 197 MW:n kapasiteetilla. Samalla listalla ensimmäisenä oli Kiina 44733 MW:n kapasiteetilla. (11, 19.)



Kuva 6. Tuulivoimalat Suomessa (12).

Suomessa oli vuoden 2010 lopussa 130 verkkoon kytkettyä yli 70 kW:n tehoista tuulivoimalaitosta, yhteensä 197 MW. Vuonna 2010 Suomessa otettiin käyttöön 17 laitosta, yhteensä 52,3 MW. Vuoden 2010 lopussa Suomessa oli seitsemän yli 10 MW:n tuulivoimapaistoa, jotka ovat Tornio, Kemi, Oulunsalo, Raahe, Pori, Lemland ja Hamina. (13, 10.)

Kuvasta 7 näkyy tuulivoimalat Kymenlaaksossa. Kymenlaaksossa on kuusi tuulivoimalaa, joista neljä on sijoitettuna Haminaan ja kaksi Kotkaan. Taulukossa 1 on eriteltyä jokaisen turbiinin nimi, teho, omistaja ja valmistaja.



Kuva 7. Tuulivoimalat Kymenlaaksossa (12).

Taulukko 1. Kuvan 7 tuulivoimalat (12).

Nro.	Nimi	Turbiini (kW)	Omistaja	Valmistaja
1	Kotka 1	1000	Kotkan Energia Oy	Bonus
2	Kotka 2	1000	Kotkan Energia Oy	Bonus
3	Summa 1	3000	Haminan Energia Oy	WinWinD
4	Summa 2	3000	Haminan Energia Oy	WinWinD
5	Summa 4	3000	Haminan Energia Oy	WinWinD
6	Summa 3	3000	Haminan Energia Oy	WinWinD

4 PROJEKTIN VAIHEET

4.1 Esiselvitys

Esiselvityksen lähtökohtana on sopivan sijoituskohteen löytäminen (tuuliolot, infrastruktuuri, maankäyttö, ympäristö), jolloin yleensä vertaillaan kiinnostavia kohteita keskenään. Toisena lähtökohtana on projektin teknisten ja taloudellisten toteutusedellytysten arviointi, joka tehdään ensimmäisen vaiheen perusteella parhaaksi arvioidulle paikalle, tai jos vaihtoehtoisia paikkoja ei ole, aloitetaan suoraan tästä. Esiselvitys perustuu tietokoneavusteiseen tuulisuusarvioon ja paikan päällä tehtäviin tuulimittauksiin. (14.)

Projektin kokoluokasta riippuen projektin taustat ja käynnistäminen ovat erityyppisiä. Suurten projektien käynnistämiseksi tarvitaan paremmat organisatoriset ja taloudelliset valmiudet. Kuntien, yhdistysten ja yksityishenkilöiden aloitteesta käynnistyvät projektit ovat todennäköisesti yhden tai korkeintaan muutaman laitoksen hankinta. Sähköyhtiön tai useamman sähköyhtiön omistama tuulivoimayhtiö voi lähteä alusta alkaen suunnittelemaan isompia tuulivoimapuistoja. (14.)

Potentiaalisesta sijoituskohteesta tehtävän esiselvityksen olisi oltava riittävän kattava, jotta projektin jatkamisesta voitaisiin tehdä yksiselitteinen päätös ja toteuttamiseen liittyvät riskit eliminoida mahdollisimman suurelta osin jo alkuvaiheessa (2, 46).

Hankkeen taloudellisuutta laskettaessa tulee ottaa huomioon investointikustannukset, käyttö- ja ylläpitokustannukset ja tuotantokustannukset. Taloudellisuuslaskelmia tehtäessä voi apuna käyttää energia-alan konsultti- ja insinööritoimistoja. (2, 39 – 47.)

4.1.1 Sopivan alueen etsintä

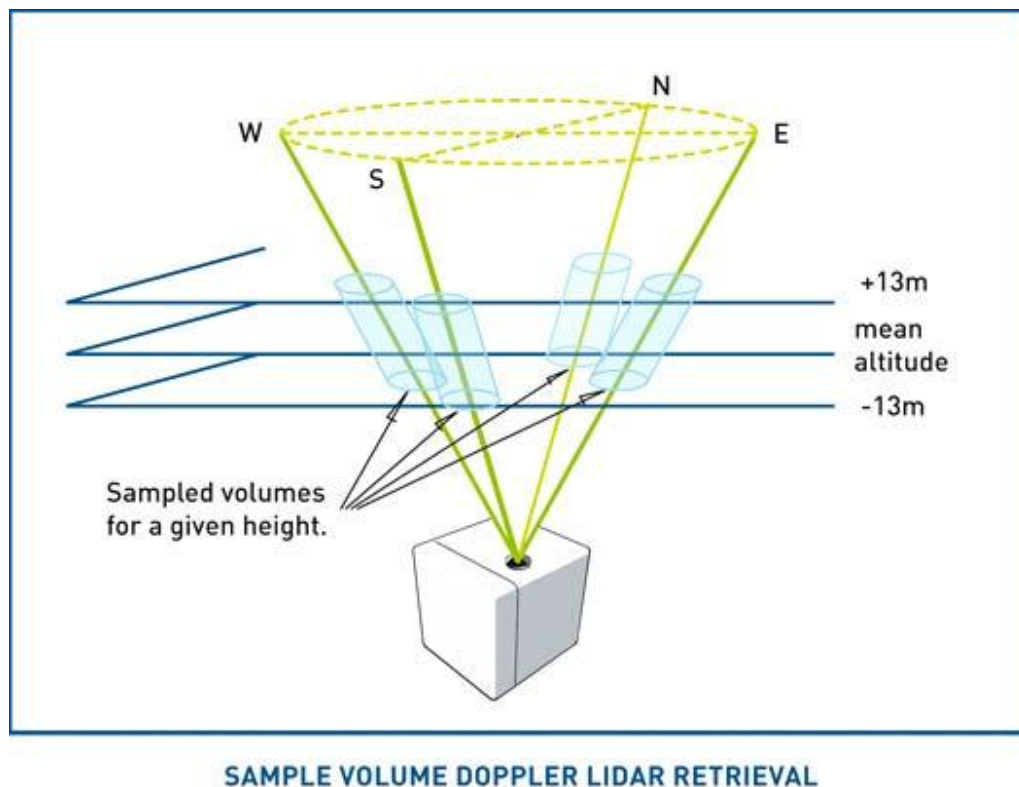
Yleensä sijoituspaikkaa valittaessa on tehtävä kompromisseja eri tekijöiden välillä. Kaikilta edellytyksiltään suotuisia paikkoja on vähän. Tuulisin kohde ei välttämättä ole paras, vaan infrastruktuuri, maankäyttö, ympäristötekijät, maa-alueen saatavuus ja laitosten sijoitteluun liittyvät kysymykset ovat usein ratkaisevia. Valittaessa tuulivoimalaitosten sijoituskohdetta ja projektin toteutusedellytyksiä arvioitaessa on erityistä huomiota kiinnitettävä tuulisuuden ja laitosten tuotannon arviointiin. (2, 31.)

Apuna sopivan alueen etsinnässä ovat alueelliset tuulivoimakartoitukset, kuten Suomen tuuliatlas. Sijoituspaikkaa valittaessa tulee ottaa huomioon tuulivoiman linnustovaikutukset ja ympäristövaikutukset. Linnustovaikutusten arviointi kannattaa jakaa kahteen tekijään, törmäysriskiin ja rakentamisen aiheuttamaan ympäristönmuutosriskiin (15, 29). Suomen luonnonsuojeluliitto, Birdlife Suomi ja WWF tarjoavat ohjeita sijoituskohteen valinnassa ympäristön kannalta.

4.1.2 Tuulimittaukset

Tuulivoimalan hankintaa harkittaessa ensimmäisiä tehtäviä on selvittää sijoituspaikan tuuliolosuhteet eli tuulennopeuksien jakauma ja suunta. Tuulivoiman peruspilarina on luotettava ja huolellinen tuuliolosuhteiden mittaus, joka vähentää tuulivoimaprojektien liittyvää taloudellista riskiä. Tuulivoimaprojektien koon kasvaessa laajempien ja tarkempien tuulimittausten tarve kasvaa. (16.)

Yleisesti ottaen keskimääräiset vuotuiset tuuliolot ovat Suomessa edullisimmat Ahvenanmaalla ja Varsinais-Suomen saaristossa ja heikkenevät vähitellen itää ja pohjoista kohti. Sisä-Suomessa ratkaiseva tekijä on kohteen korkeus ympäröivästä maastosta, ei niinkään maantieteellinen sijainti. (2, 32.)



Kuva 8. LIDAR-toimintaperiaate (17).

Tuulimittauspalveluita Suomessa tarjoavat mm. Oxfor Intercon Finland, Ilmatieteen laitos, Hafmex Group ja Scandinavian Wind Energy SWE Oy (18). Tuulimittaukset tehdään yleensä joko anemometreillä tai LIDAR-tekniikalla (Light Detection And Ranging).

Yleisin tapa tuulimittauksissa tällä hetkellä on anemometriset kupit. Mittauksessa käytetään hyväksi kuppien pyörimisnopeutta, kupit pyörivät sitä lujempaa, mitä kovemmin tuulee. Kupit sijoitetaan korkeisiin mastoihin ja pyörimisestä kerätään dataa, joka kertoo paikan tuuliolosuhteista.

LIDAR-tekniikka perustuu Doppler-ilmiöön. Laite lähettää lasersignaalin ja mittaa sen taajuuden muutoksen signaalin heijastuessa takaisin ilmassa leijuvista aerosolipartikkeleista. Lähettäessään lasersäteitä kartiomaisesti eri suuntiin se muodostaa kolmiulotteisen tuulimittauksen eri korkeuksilla.(16.)

4.1.3 Ympäristövaikutukset

Tuulivoimaloiden sijoitusalueiden suunnittelu pohjautuu selvityksiin, joissa on huomioitu sekä teknistaloudelliset näkökohdat että ympäristöseikat. Rajattaessa sijoitusalueita otetaan huomioon esimerkiksi maisemansuojelu ja luonnonsuojelualueet sekä rajoitusalueet, kuten puolustusvoimien ampuma-alueet. Rakentamisen vaikutuksia arvioidaan kaavoituksen ja lupamenettelyjen yhteydessä. Vaikutuksiltaan merkittävien hankkeiden ympäristövaikutukset arvioidaan YVA-lain (ympäristövaikutusten arviointi) mukaisessa menettelyssä. Vaikutusten arvioinnissa selvitetään myös kansalaisten ja muiden osallisten näkemykset ja mielipiteet asiasta. (19, 22.)

Valtioneuvosto hyväksyi 14.4.2011 YVA-asetuksen muutoksen, jolla suuriin tuulivoimalahankkeisiin sovelletaan säännönmukaisesti ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Suurten hankkeiden kokorajaksi määriteltiin vähintään kymmenen yksittäistä tuulivoimalaitosta tai vähintään 30 megawatin kokonaisteho. Muutos nopeuttaa hankkeiden alkuvaiheen suunnittelua ja selkeyttää YVA-menettelyn soveltamisalan määrittelyä. Tuulivoimaloiden lisäämistä asetuksen hankeluutteloon on pidetty tärkeänä, koska tuulivoimaloiden suunnittelu on ollut yhä kiivaampaa. Asetus astui voimaan 1.6.2011. (20.)

Tuulivoimahankkeisiin YVA-selvityksiä on tehty mm. Raahen Kopsan tuulivoimapuistohankkeesta, Porin Tahkoluodon merituulipuistosta ja Raasepori – Inkoon edustan merituulivoimapuistosta (21).

4.1.4 Toteutusorganisaatio

Esiselvityksen kanssa samaan aikaan tulisi käynnistää toteutusorganisaation suunnittelu. Projektin toteutumisen kannalta on erittäin tärkeää, että projekti saadaan tuntumaan asukkaiden omaksi, paikalliseksi kehityshankkeeksi. Kunnan osallistuminen sijoitusalueen valintaan yleensä nopeuttaa lupien hankkimista. (2, 17.)

Luontevinta on paikallisen sähköyhtiön itse toteuttaa projekti ja omistaa tuulivoimalaitokset joko suoraan tai erillisen liiketoimintayksikön kautta. Jos sähköyhtiö ei itse toimi projektin toteuttajana ja laitosten ainoana omistajana, on usein tarpeen perustaa yhtiö, johon projektin eri osapuolet voivat liittyä. Suomen lainsäädännössä määriteltyjä yhtiömuotoja on kolme: avoin yhtiö, kommandiittiyhtiö ja osakeyhtiö. Lisäksi muita yksityisoikeudellisia yhteisöjä ovat osuuskunta ja yhdistys. Myös yhtymän muodossa voidaan harjoittaa taloudellista toimintaa. Tuulivoimaprojektin toteuttajina voivat tulla kyseeseen lähinnä osakeyhtiö ja osuuskunta. (22.)

4.2 Alueen kaavoitus

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) mukaan päätetään, voidaanko tuulivoimalat rakentaa suoraan luparatkaisuihin perustuen vai tarvitseeko alue kaavoittaa tähän tarkoitukseen. MRL 9 §:n mukaan kaavan tulee perustella riittävin tutkimuksin ja selvityksin. Kaavaa laadittaessa on selvitettävä suunnitellun kohteen ja mahdollisten vaihtoehtojen vaikutukset. Selvityksen tulee kattaa koko se alue jolla kaavan arvioidaan olennaisesti vaikuttavan. (23.)

Maankäyttö- ja rakennuslain edellytyksenä on avoin ja vuorovaikutteinen toimintatapa. Vuorovaikutuksen järjestäminen ja kaavan vaikutuksen arviointi ovat yhteydessä toisiinsa ja ovat kaavoituksen lähtökohtia. Kaavan laadinnan alkuvaiheessa on tehtävä suunnitelma osallistumis- ja vuorovaikutusmenetelmistä sekä kaavan vaikutusten arvioinnista. Vaikutusten selvityksen ja arvioinnin avulla suunnittelijat, osalliset ja päättäjät saavat tietoa kaavan toteuttamisen vaikutuksista, niiden merkittävydestä sekä haitallisten vaikutusten lieventämismahdollisuuksista. (23.)

4.2.1 Maakuntakaava

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma maakunnan alueiden käytöstä. Se voidaan myös laatia tiettyä alueidenkäyttömuotoa tai -muotoja käsittelevänä maakuntavaihe kaavana. Maakuntakaavassa osoitetaan ylikunnallisia, maakunnallisia, seudullisia ja valtakunnallisia alueidenkäyttötarpeita. (24.)

Maakuntakaavassa tuulivoiman tuotantoon soveltuva alue esitetään erityisellä piirrosmerkillä (Kuva 9).



Kuva 9. Tuulivoiman tuotantoon soveltuva alue (25, 85).

Vuonna 2010 ympäristöministeriö vahvisti Kymenlaakson maaseutu- ja luontoalueita koskevan maakuntakaavan, jossa on osoitettu tärkeimmät alueiden käyttötarpeet vuoteen 2030 asti. Kaavassa on osoitettu viisi tuulivoiman tuotantoon osoitettua aluetta Suomenlahden rannikko- ja saaristoalueille, mm. Rankin matalikko, Kotka ja Hinkapyöli, Pyhtää (liite 1). (26.)

Tällä hetkellä on valmisteilla Kymenlaakson energiamaakuntakaava, jossa on osoitettu enemmän alueita mm. meren rannikolta ja merialueilta tuulivoiman tuotantoon. Maakuntakaavaehdotus on tarkoitus käsitellä keväällä 2012. (27.)

Yleis- tai asemakaavassa voi täsmentyä maakuntakaavassa osoitetun tuulivoima-alueen rajaus. Maakuntakaavan tuulivoima-alueen sijaintia voidaan muuttaa yksityiskohtaisemmassa kaavassa (yleis- tai asemakaava), jos sille on esimerkiksi tarkemmista selvityksistä johtuva perusteltu syy. Kuitenkaan yleis- tai asemakaava ei voi olla maakuntakaavan vastainen, eli maakuntakaavassa osoitetuista tuulivoima-alueista ei voida kokonaan luopua yksityiskohtaisemmassa kaavassa. Jos maakuntakaavassa ei ole osoitettu tuulivoima-alueita, tulisi sijoituskohteen soveltuvuus ratkaista asema- tai yleiskaavalla. (24.)

Laadittaessa maakuntakaavaa on sisältövaatimuksissa esitetyt seikat otettava huomioon ja selvitettävä siinä määrin, kuin maakuntakaavan tehtävä yleispiirteisenä kaavana edellyttää. Sisältövaatimuksista muun muassa maiseman, luonnonarvojen ja kulttuuriperinnön vaaliminen tuovat rajoituksia ja reunaehdoja tuulivoimarakentamiselle. (24.)

4.2.2 Yleiskaava

Yleiskaava on kunnan tai sen osan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yleispiirteiseen ohjaamiseen sekä toimintojen yhteensovittamiseen tarkoitettu. Yleiskaava voidaan myös laatia ohjaamaan rakentamista ja muuta maankäyttöä määrätyllä alueella. Yleiskaavan laatimisesta päättää kunta. Maakuntakaavan ohjausvaikutus (MRL 48 §) on otettava huomioon yleiskaavaa laadittaessa. Maakuntakaavan alueidenkäyttöratkaisut on pidettävä yleiskaavan laatimisen perustana. (28.)

4.2.3 Asemakaava

Asemakaava on kunnan rakentamista ja muuta maankäyttöä yksityiskohtaisesti sääntelevä kaava. Kun kunnan kehitys tai maankäytön ohjaustarve edellyttää laaditaan asemakaava. Asemakaavoitukseen ryhtymisestä päättää kunta. Maanomistaja voi tehdä esityksen asemakaavan laatimiseksi, mutta maanomistajalla ei ole oikeutta saada alueelleen asemakaavaa. (29.)

4.3 Hankkeen toteutus

Projektin vaiheita on vaikea jakaa toteutukseen ja esiselvitykseen, koska osa toteutusvaiheista aloitetaan jo rinnan esiselvityksien kanssa. Toteutus aloitetaan maa-alueen hankinnalla, joka tulee tehdä jo tuulivoimahankkeen alkuvaiheessa. Hankkeen toteutuksen kulkuna voidaan kuitenkin pitää kaikkea maa-alueen hankinnan ja voimalan käyttöönoton väliltä.

4.3.1 Neuvottelut maa-alueesta

Suomessa saa rakentaa vain alueelle, jonka hallintaoikeus on rakennuttajalla. Tästä syystä hankkeen toteutus aloitetaan maa-alueen hankinnalla. Maa-alueita voidaan ostaa tai vuokrata. (30.)

Maa-alueen hankinta voi olla haastavaa. Yksityisellä maanomistajalla on usein tavoitteena saada mahdollisimman suuri voitto maa-alueesta, jolloin myyntituloa vertaillaan usein saman alueen myyntiin esimerkiksi kesämökkitonteiksi. Kyseisen alueen kaa-voitustilanne kannattaa aina tarkistaa, ettei aluetta olla suojelemassa tai kaavoitettu muuhun käyttöön. (30.)

Valtion maille tuulivoimaa rakennettaessa neuvottelut käydään Metsähallituksen kanssa, joka hallinnoi valtion maa- ja merialueita. (30.)

Maavuokra voidaan maksaa eri tavoin: voidaan sopia kiinteästä kertamaksusta, vuosittaisesta vuokrasta tai sitoa vuokra tuotettuun energiaan. Tuotettuun energiaan sidottuna, on sopimuksessa käsiteltävä sukupolvenvaihdoksen, perinnönjaon, paikkakunnalta muuton ym. omistussuhteiden muutoksien vaikutukset. (30.)

Sijoituspaikkaa valittaessa ja neuvotteluja käytäessä on hyvä olla käsitys lupaprosessin kulusta ja todennäköisyydestä onnistua, koska mahdolliset luontoarvot kohteessa tai sen läheisyydessä aiheuttavat vastustusta ja negatiivista julkisuutta, jotka taas pitkittävät ja vaikeuttavat lupaprosessia. (30.)

4.3.2 Sopimukset sähkö- ja verkkoyhtiön kanssa

Verkonhaltija on velvoitettu liittämään verkkoon sähköntuottajan, jos tuottajan sähkölle on ostaja. Verkkoon liittynästä tulee neuvotella verkkonhaltijan kanssa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Suoraan jakeluverkkoon voidaan liittää vain pieniä tuulivoimalapuuistoja, suurempien tuulipuistojen tekniset vaatimukset nousevat ja ne tulee liittää suoraan alue- tai kantaverkkoon. (31.)

Sähköverkkoon liittymisestä ja sähkönsiirrosta tehdään sopimus sen jakeluverkonhaltijan kanssa, jonka alueelle tuulivoimala aiotaan rakentaa. Tuulivoiman tuottajalta verkkonhaltija veloittaa liittymismaksun, jonka perusteet vaihtelevat eri yhtiöissä. (2, 25.)

Sähköntuottajalta veloitetaan siirtotariffia, joka muodostuu kiinteästä maksusta ja energiamaksusta. Energiamaksu voi vaihdella vuorokauden ajankohdan ja vuoden ajan mukaan. Tuottajille siirtotariffit ovat lähes poikkeuksetta erilaisia kuin kuluttajille. Mahdollisia sijoituspaikkoja vertailtaessa ja kannattavuuslaskelmia tehtäessä, tulisi

selvittää siirtotariffit ja liittymismaksut. Siirtotariffit voi selvittää jakeluverkonhaltijalta tai Sähkömarkkinakeskuksesta. (2, 25.)

Sähkömyyntisopimus on tehtävä, jos sähköä myydään. Tuotanto myydään sähkön myyntiyhtiölle tai suoraan kuluttajalle. Kulutus tulee mitata tunneittain, jos sähkö myydään suoraan kuluttajalle. Jos kulutus on jatkuvasti suurempi kuin tuotanto, ei tuottaja tarvitse muita myyntisopimuksia. (2, 26.)

Tuottajan kuluttaessa kaiken tuotannon itse ei myyntisopimusta tarvita. Tässä tapauksessa tuotanto ja kulutus on mitattava tuntienenergiamittarilla. Tuotannon ylittäessä tuntitasolla kulutuksen tarvitaan lopulle tuotannolle sähkönmyyntisopimus. Jos sähkönkulutusta ei mitata tuntienenergiamittarilla, on yksinkertaisinta myydä tuotanto sähkön myyntiyhtiölle, joka myy sen takaisin tuulivoimalaitoksen omistajille. (2, 25.)

4.3.3 Luvat

Luparatkaisuihin perustuen tuulivoimalapuisto voidaan toteuttaa alueilla, joilla yhteensovittamistarve tuulivoimarakentamisen ja muun alueidenkäytön välillä on vähäinen ja joilla ei ole erityisiä ympäristöarvoja. Tällaisia tuulivoimarakentamiseen hyvin soveltuvia alueita ovat usein esimerkiksi satama-, teollisuus- ja varastoalueet lähiympäristöineen sekä kaukana rannasta sijaitsevat merialueet. (32.)

Tuulivoimalaa rakennettaessa vaaditaan aina joko rakennuslupa tai toimenpidelupa (MRL 125 ja 126 §). Tuulivoimalat yleensä rinnastetaan rakennuslupaa vaativiin rakennuksiin. Useimmiten toimenpideluvalla on toteutettavissa vain pieniä yksityiseen kotikäyttöön tulevia voimaloita. Rakennuksen määritelmän ratkaiseva tekijä tuulivoimarakentamisessa on viranomaisvalvonnan tarve mm. turvallisuuteen, maisemaan ja ympäristönäkökohtiin liittyvistä syistä. Pienikin tuulivoimala voi siis vaatia rakennusluvan, jos sillä on esimerkiksi ympäristöllisiä vaikutuksia. (33.)

Tuulivoimaloiden sijoituessa ranta-alueelle, jota kaavassa ei ole erityisesti osoitettu tuulivoimarakentamiseen, tarvitaan myös poikkeamispäätös suunnittelutarpeesta ranta-alueelle (MRL 72 ja 172 §) (33).

Tuulivoimarakentaminen voi edellyttää ranta-alueen ulkopuolella rakennusluvan lisäksi suunnittelutarveratkaisua (MRL 16 ja 137 §). Suunnittelutarveratkaisussa on arvioitu rakentamisen sopivuutta rakennuslupamenettelyä laajemmin. (33.)

Tuulivoimarakentaminen voi edellyttää ympäristönsuojelulain perusteella myönnettävää ympäristölupaa, esimerkiksi jos lähialueilla on pysyvää tai loma-asutusta. Ympäristölupa tarvitaan, jos tuulivoimalasta voi aiheutua naapurussuhdelain mukaista kohutonta räsitusta. Tällaisia vaikutuksia voi syntyä lähinnä tuulivoimalan käyntiäänestä ja pyörivien lapojen varjon vilkkumisesta. Lupa-asian käsittelee kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. (34.)

Tuulivoiman rakentaminen vesistöön tai maa-alueelle siten, että rakentaminen vaikuttaa vesistöön, vaatii lähes poikkeuksetta vesilain mukaisen luvan. Aluehallintovirasto käsittelee vesilupa-asiat. (35.)

Vesiluvan harkinta perustuu vesilain 2:6.2 §:n mukaiseen intressivertailuun. Jos lupa myönnetään, täytyy rakentamisesta saatavan hyödyn olla siitä johtuvaa vahinkoa, haittaa tai muuta edunmenetystä huomattavasti suurempi. Vertailussa hyödyiksi katsotaan taloudellisen hyödyn lisäksi myös esimerkiksi uusiutuvan energian lisääntyminen. Haitoiksi huomioidaan esimerkiksi kalastukselle, lähiseudun asukkaille ja ympäristölle aiheutuvat haitat. Myöntämisen edellytyksiä harkittaessa otetaan huomioon myös alueella voimassa oleva tai laadittava kaava. (35.)

4.3.4 Turbiinien hankinta ja hankintasopimus

Hankkijan ollessa ns. julkinen yritys (esim. sähköyhtiö) se kuuluu julkisia hankintoja säätelevän lainsäädännön piiriin. Lainsäädännön avulla pyritään varmistamaan kaikille toimittajille tasaväkkiset mahdollisuudet tarjota tuotteitaan ja palveluitaan. Hankinnassa voidaan käyttää joko avointa, rajoitettua tai neuvottelumenettelyä. Ennen tarjouspyyntöjen tai neuvottelukutsujen lähettämistä on julkaistava hankintailmoitus Suomen ja EU:n virallisissa lehdissä. (2, 89.)

Avoimessa menettelyssä kaikki yritykset voivat osallistua tarjouskilpailuun. Rajoitetussa menettelyssä tarvittavat kriteerit täyttävälle yrityksille lähetetään tarjouspyyntö, ja muut halukkaat yritykset lähettävät pyynnön osallistua tarjouskilpailuun. Neuvottelumenettelyssä pyydetään vähintään kolmea yritystä neuvotteluun. (2, 89.)

Hankkijan ollessa muu kuin julkinen yritys (esim. kuluttajaomisteinen tuulivoimayhtiö) toiminta on vapaampaa. Tarjoajien hinnat kannattaa kuitenkin kilpailuttaa. (2, 89.)

Hankintasopimusta tehtäessä tulisi sopia takuusta, huoltosopimuksista, varaosista, koulutuksesta ja manuaaleista. Takuu sovitaan laitostoimittajan kanssa takuusopimuksessa. Mahdolliset korvausmenettelyt sovitaan hankintasopimuksessa. (2, 111.)

4.3.5 Maanrakennus

Esiselvityksen yhteydessä tulisi aloittaa voimalaitosalueen ja maanrakennustöiden suunnittelu. Vertailtaessa laitostyyppjä ja -kokoja tarvitaan tietoja alueen maaperästä, korkeuseroista jne. (36.)

Maanrakennustöiksi voidaan laskea kaikki työvaiheet, joissa muokataan maata, tutkitaan maaperää tai suunnitellaan maa-alueen käyttöä (perustusten teko, maaperätutkimukset, teiden linjaus ym.). Suunnitteludokumentteja tarvitaan mm. lupahakemusten liitteiksi. Tästä syystä teknisten ja ympäristöselvitysten ajallinen ja sisällöllinen yhteensovittaminen on erittäin tärkeää. (36.)

Yleisimmät perustusmallit ovat maavarainen perustus ja kallioperustus. Maavarainen perustus on pehmeässä maaperässä kuitenkin paalutettava. Maavaraisessa perustuksessa isoon kuoppaan valetaan betonilaatta, johon laitoksen torni kiinnitetään perustuslieriön, -levyjen tai -pulttien avulla, minkä jälkeen laatta peitetään maatäytteellä. Maatäyte lisää perustuksen lujuutta. Kallioperustus taas edellyttää ehjää peruskalliota läheltä pintaa. Kallioperustus ankkuroidaan kiinteään kallioon. Kallioperustus on yleensä halvempi vaihtoehto kuin maavarainen perustus. (2, 101.)

Perustuksia tehtessä on huolehdittava laitoksen maadoituksesta. Maadoituksen tekemisestä saadaan ohjeet laitostoimittajalta. Maadoitukseen kuuluu ns. operatiivinen maadoitus ja ukkossuojaus. (2, 102.)

Perustukset teetetään alihankkijalla, joka tarjoaa kyseiseen hankkeeseen sopivan perustusratkaisun. Esimerkiksi Haminan Mäkelänkankaan tuulivoimaloihin on käytetty Peikko Groupin konseptoimaa perustustapaa, joka sisältää mm. jälkijännitystekniikkaa (37).



Kuva 10. Mäkelänkankaan voimalan perustukset 24.11.2011 (38).

Projektien yhteydessä joudutaan usein rakentamaan myös uutta voimajohtoa, jolla laitokset yhdistetään verkkoon. Rakentamista varten tarvitaan vähintään niiden maanomistajien luvat, joiden alueelta uudet voimajohdot tulisivat kulkemaan. Jos joudutaan rakentamaan vähintään 110 kV:n sähköjohtoja, tarvitaan rakentamiseen sähkömarkkinaviranomaisten lupa. (2, 67.)

Offshore-kohteisiin perustuksina voidaan käyttää pohjaan kiinnitettäviä metallirakenteita tai suuria betonirakenteita. Veden syvyyden kasvaessa kasvavat myös perustusten kustannukset. (2, 107.)

Sijoituspaikeille voi olla tarpeen tehdä tie toisen omistamaa tai hallitsemaa aluetta käyttäen. Silloin toimitaan tielainsäädännön mukaan. Yksityistielain mukaan kiinteistön tarkoituksenmukaista käyttöä varten saa kulkea toisen kiinteistön kautta, jos siitä ei aiheudu huomattavaa haittaa. Tien saa rakentaa omalle maalle, ellei sillä ole merkittäviä vaikutuksia ympäristöön, kuten pohjavesivarantoihin. (2, 67.)

4.3.6 Sähkötyöt

Verkon rakennustöissä käytetään tuulivoimalan sijoituspaikasta riippuen ilmajohtoa, merikaapelia tai maakaapelia, joissain tapauksissa voi tulla tarpeen käyttää jopa kaikkia. Vaihtoehtoista halvinta on ilmajohto, mutta Suomen rannikoilla usein joudutaan

käyttämään kalliimpia ratkaisuja, rannikkojen rikkonaisuudesta johtuen. Tuntureilla joudutaan käyttämään maakaapelia lumi- ja jääkuormien vuoksi. (2, 103.)

Laitoksia verkkoon kytkettäessä käytetään yleensä yksikkökohtaisia puistomuuntamoita tai muuntajat sijoitetaan tuulivoimalan sisään. Yhdellä puistomuuntamolla voidaan erikoistapauksissa sähköistää useampi laitosesyksikkö, mutta silloin pienjännitteen (generaattorilta muuntajalle) siirtoetäisyydet kasvavat ja häviöt kasvavat. Torniin sijoitettu muuntaja erotetaan joko välitasolla tai erillisellä seinämällä, jossa on lukittava ovi. (2, 104.)

4.3.7 Laitosten kuljetus ja pystytys

Nostosuunnitelman tekemisestä, nosturiurakoitsijan valitsemisesta ja kuljetuksesta vastaa useimmiten toimittaja. Toimitussopimusta tehtäessä on selvitettävä tarkasti kuljetukseen ja nostoon liittyvät vakuutukset ja vastuut. (2, 97.)

Normaalisti laitoksen osat kuljetetaan erikseen rekoilla ja erikoiskuljetusautoilla. Kuljetuksen kannalta hankalimpia ovat torni ja lavat niin pituutensa puolesta kuin torni myös painonsa puolesta. Tornin yhteispaino voi olla jopa 100 tonnia. (2, 106.)

Nostomenetelmään ei juurikaan voida vaikuttaa laitostyyppin valinnan jälkeen, vain tornin osien lukumäärään voidaan vaikuttaa. Säärajoitukset on otettava huomioon pystytyksessä, liian kovassa tuulessa ei pystytystä voida tehdä. Tornin koostuessa useammasta osasta osat liitetään toisiinsa pystytettäessä. Tornin ollessa pystyssä siihen liitetään konehuone, johon sitten liitetään valmiiksi koottu roottori. Pienimmissä laitoksissa voidaan kiinnittää roottori ja osa lavoista konehuoneeseen jo ennen nostoa. (2, 106.)

Nostureiden saatavuus ja kuljetus paikalle on yksi vaikeimmista asioista hankkeen toteutuksen ja kustannusten kannalta. Nosturien paikalle kuljetus ja nostopaikan valmistelu voivat aiheuttaa ylimääräisiä maansiirtotöitä ja pahimmillaan jopa sijoituspaikan hylkäyksen. Suuret nosturit on paikan päällä koottava ja osittain purettava jokaista nostopaikan vaihtoa varten. Tämä on erittäin tärkeää ottaa huomioon pystytyksen aikataulua suunniteltaessa. (2, 106.)

Saaristossa, offshore-kohteissa ja vaikeapääsyisissä kohteissa rannikolla voi tarpeen tulla käyttää proomukuljetusta ja pystytystä proomusta. Proomupystytyksen etuna on, ettei teitä tarvitse rakentaa ollenkaan. Proomun käytöstä ja myöhemmin vesiteitse tehtävästä huollosta ja ylläpidosta kuitenkin tulee lisäkustannuksia. (2, 107.)

Laitosten pystytyksen jälkeen suoritetaan pystytyksen ja asennustöiden lopputarkastus. Tilaaja ja toimittaja toteavat yhdessä, että työt on suoritettu oikein ja laitokset voidaan ottaa turvallisesti käyttöön. (2, 108.)

4.3.8 Takuu, huolto ja koulutus

Laitoksille annettava materiaalitakuu on yleensä kahden vuoden mittainen, mutta myös pidemmät takuuajat ovat mahdollisia. Takuun voimassaoloon vaaditaan toimittajan kanssa tehtävä takuuhuoltosopimus. Käytettävyystakuulla tarkoitetaan sitä, että laitoksille taataan normaalisti vähintään 95 %:n käyttöaste. Käytettävyystakuun kesto on yleensä yhtä pitkä kuin materiaalitakuun kesto. (2, 112.)

Tehokäyrän oikeellisuus yleensä taataan. Jos takuuarvoon ei kuitenkaan päästä, on toimittaja korvausvelvollinen. Tehokäyrä testataan takuiden voimassaoloaikana. Tuotantotakuu voidaan myöntää siten, että ostajalle taataan esim. 95 % normaalivuoden tuotannosta. Sovittaessa tällaisesta takuusta tulisi sopia yksityiskohdista: kuka määrittää tuotantoennusteen, miten määritellään ”normaalivuosi” jne. (2, 112.)

Huollon toimivuus on hankkeen talouden kannalta erittäin tärkeää. Laitoksen seisossa laitevian takia menettää omistaja rahaa. Varaosapalvelun tulisi sijaita lähellä ja varaosien valmiina kotimaassa. Kuljetus esim. ulkomailta vie aikaa, usein jopa useita päiviä. Varaosapalvelusta ja tarvittavien järjestelyjen hoitamisesta vastaa laitostoimittaja. (2, 112.)

Käyttäjäkoulutuksen antaa laitostoimittaja, yleensä 5 – 10 päivän kurssina sille henkilöstölle, joka osallistuu laitoksen asennustöihin ja käyttötoimenpiteisiin. Koulutusjakso voi alkaa ennen rakennustöiden alkamista, jolloin tilaajan henkilöstö voi avustaa toimittajaa töissä. (2, 112.)

4.3.9 Testaus

Toimittaja suorittaa ennen tuotannon aloittamista testiajon, jossa varmistetaan, että kaikki toimii, niin kuin pitää. Testiajossa tehdään vielä viimeiset korjaukset ja säädöt. (2, 108.)

Suoritusarvotestauksessa varmistetaan, että laitoksen suoritusarvot ovat toimittajan antamien takuarvojen mukaiset. Jos laitos toimii huonommin, on toimittaja velvollinen korvauksiin. Testaus suoritetaan takuuajan sisällä, kuitenkin vasta testiajojen ja säätöjen jälkeen. Tehokäyrän mittauksen mittausjärjestelyt ja mittauspaikan vaatimukset on standardoitu (IEC 61400–12). Testauksen suorittaa puolueeton taho. (2, 109.)

Testauksen mittaustoleranssit ovat suuret, joten vajavaisen suorituskyvyn toteen näyttäminen on tämän takia usein hankalaa. Tehokäyrämittauslaitteisto ja tarvittava työaika aiheuttavat suuret kustannukset, joten mittauksia ei kannata välttämättä tehdä, jollei ole aiheellista epäillä laitoksen tuottavan selvästi tehokäyrää huonommin. Kaikissa sijoituspaikoissa ei edes ole mahdollista suorittaa tehokäyrän tarkistusmittausta, koska lähes kaikissa suunnissa on joitain ilmavirtausta häiritseviä esteitä, kuten metsää tai muita tuulivoimalaitoksia. (2, 109.)

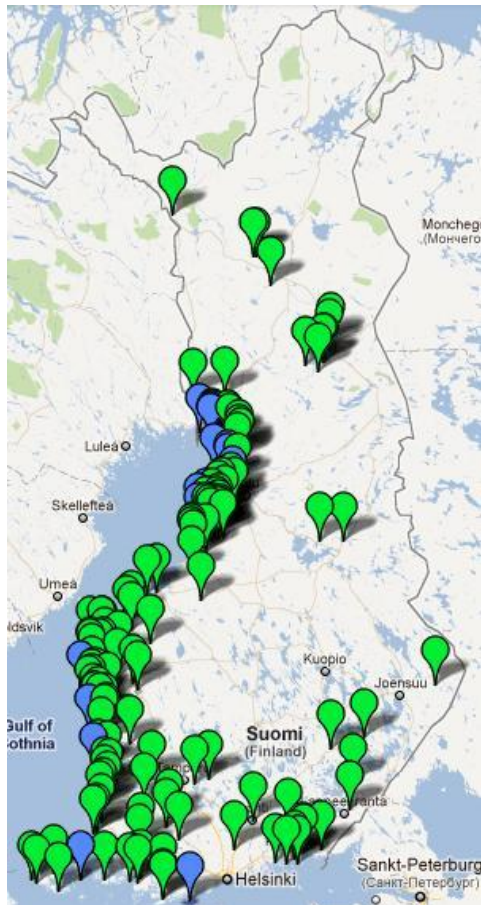
4.4 Projektin kulku

Kokonaisaikataulu vaihtelee paljon tapauskohtaisesti, joten mitään yleispätevää arviota aikataulusta on vaikea antaa. Projektille olisi hyvä varata 1,5 – 3 vuotta aikaa, kuten liitteistä 2 ja 3 käy ilmi. Projekti on myös mahdollista toteuttaa huomattavasti lyhyemmässä ajassa. Projektin läpiviemisen minimiaikana kuitenkin voidaan pitää noin vuotta. (2, 118.)

5 TUULIVOIMALAITOSPROJEKTIT

5.1 Projektit Suomessa

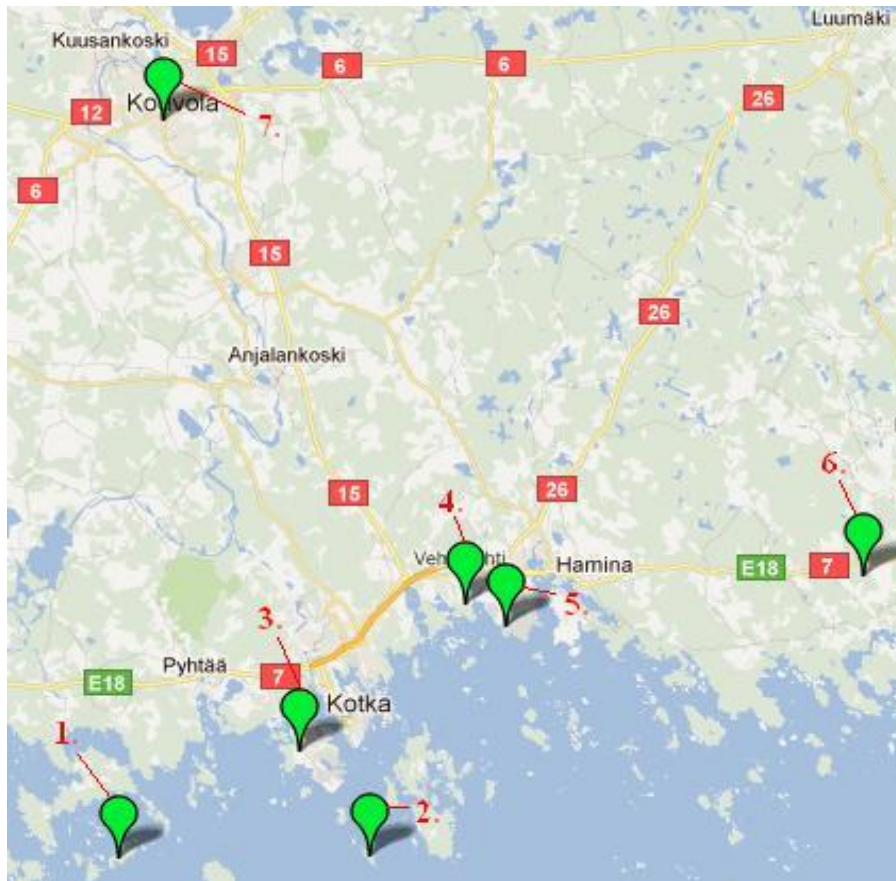
Suomessa oli vuoden 2011 toukokuun loppuun mennessä julkaistu noin 6300 MW:n edestä hankkeita. Tästä offshore-hankkeiden osuus oli noin 3000 MW. Suurin osa projekteista sijoittuu länsirannikolle (Kuva 11).



Kuva 11. Tuulivoimalaitosprojekteja Suomessa (39).

5.2 Projektit Kymenlaaksossa

Kymenlaaksossa on tällä hetkellä käynnissä ja suunnitteilla monia tuulivoimaprojekteja. Osa hankkeista on vielä esiselvitysvaiheessa, jotkut ovat jo rakennusvaiheessa. Kuvassa 12 ja taulukossa 2 on esitettyä vuoden 2011 toukokuun loppuun mennessä julkaistut projektit.



Kuva 12. Tuulivoimalaitosprojekteja Kymenlaaksossa (39).

Taulukko 2. Kuvan 12 projektien tietoja (39).

Nro. on map	Tuulipuisto Project	Rakennuttaja Project owner
1	Pyhtää, Längö	Kotkan Energia Oy
2	Kotka, Rankki	Kotkan Energia Oy
3	Kotka, Mussalo	PVO-Innopower Oy
4	Hamina, Mäkelänkangas	Suomen Voima Oy
5	Hamina, Summa Phase II	Haminan Energia Oy
6	Virolahti Oravakorpi-Vaatherikonkangas	Tuuliwatti Oy

5.2.1 Kotkan Energia Oy

Kotkan Energia Oy:llä on monia projekteja eri vaiheissa. Uusia tuulivoimaloita on suunnitteilla Kotkan Rankkiin, Mussaloon, Vehkaluotoon ja Pyhtään Längöhön. Mussalosta on myös tarkoitus purkaa yksi vanha tuulivoimala ja rakentaa tilalle uusi. Kotkan Energia Oy on etsinyt uusia tuulivoimaloiden sijoituspaikkoja vuodesta 2002 lähtien. Tuulimittauksia tehtiin vuoden 2010 kesäkuusta alkaen vuoden ajan Kaunissaarressa. Mittaustulosten ja jo olemassa olevien tuulivoimaloiden keräämän datan avulla on laskettu uusien voimaloiden kokoja. (40.)

Kotkan Mussalossa sijaitsee kaksi tuulivoimalaitosta, Ilona ja Ilmari, joista Ilona puretaan vuonna 2012 ja tilalle rakennetaan uusi laitos. Projekti on nopeampi ja helpompi toteuttaa verrattuna kokonaan uuden tuulivoimalaitoksen rakentamiseen uudelle paikalle, koska kaavat ovat jo valmiiksi kunnossa. Rakennusluvut ym. on kuitenkin haettava samalla tavalla kuin muulloinkin. Projekti ei myöskään vaadi uusien teiden tekemistä ja voimalinjojen vetämistä. Uuden laitoksen olisi tarkoitus olla käytössä vuoden 2012 loppuun mennessä. (40.)

Vehkaluodon neljä tuulivoimalaa odottavat kaavoitusten valmistumista ja vesilupaa, koska yksi sijoitetaan vesistöön. Rankin neljä tuulivoimalaa ovat samassa tilanteessa Vehkaluodon kanssa. Rankin kaikki neljä laitosta sijoitetaan vesistöön, eli ne ovat ns. vesimyllyjä. Vesiluvan saanti kestää 6 – 9 kk. Vehkaluodon laitosten on arvioitu valmistuvan vuonna 2014 ja Rankin laitosten vuonna 2014–2016. (40.)

Pyhtään Långön tuulivoimalat odottavat kunnan päätöstä kaavoituksista. Voimaloita on tarkoitus rakentaa viisi kappaletta, joista kaksi tulisi kunnan vuokramaille. Turbiinien koon on suunniteltu olevan noin 2 – 2,5 MW. Tuotantoenergia siirrettäisiin merikaapelia pitkin Mussaloon. Vaihtoehtona oli ollut myös energian siirto Ahvenkoskelle, mutta vesistön mataluuden vuoksi tämä vaihtoehto olisi tullut kalliimmaksi ja vaikeammaksi toteuttaa. (40.)

5.2.2 Haminan Energia Oy

WinWinD Oy toimittaa neljä tuulivoimalaa Haminan Energialle. Voimalat sijoitetaan sataman läheisyyteen. Tuulivoimalat ovat WinWinD 3 – voimaloita, joiden nimellisteho on kolme megawattia. Roottorien halkaisijat ovat 120 metriä ja voimaloiden konehuoneet valmistetaan WinWinDin Haminan tehtaalla. Haminan Energian hyvät kokemukset yhteistyöstä WinWinDin kanssa ovat syy siihen, että turbiinit tilattiin juuri siltä. Tuulivoimaloiden pystytys pyritään aloittamaan vuonna 2012 riippuen lupaprosessien etenemisestä. (41.)



Kuva 13. Havainnekuva Summan tuulivoimapuistosta (42).

Haminan Energialla on jo entuudestaan Summassa, Haminan sataman lähistöllä, kolme tuulivoimalaa sekä yksi Paksuniemessä. Näiden tuulivoimaloiden yhteisteho on 12 MW. Tuulivoimapuiston suunnittelu aloitettiin vuonna 2008. Rakennustyöt käynnistettiin vuonna 2009 ja tuulivoimapuisto vihittiin virallisesti käyttöön 6.9.2010. Tuulivoimalat toimitti WinWinDin Haminan tehdas. (43.)

5.2.3 Tuuliwatti Oy

Tuuliwatti Oy:llä on kymmenen projektia Suomessa, joista yksi on Kotkan lähialueella, Virolahdella. Alueelle rakennetaan kuusi turbiinia, joiden napakorkeus tulisi olemaan noin 120–140 metriä. Tällä hetkellä hanke odottaa kaavoituspäätöstä. Alueella käynnistetään tuulimittaukset keväällä 2012, ja rakentaminen näin ollen päästäisiin aloittamaan vuonna 2013. Tavoitteena on projektin valmistuminen vuoden 2013 loppuun mennessä. (44.)

5.2.4 Kotkamills Oy

Hankkeena on 3 – 4 tuulivoimalaitoksen rakentaminen Kotkamills Oy:n tehdasalueelle. Tuotettu energia tulisi yhtiön omaan käyttöön, kuitenkin tuotannon ylittäessä kuluksen ylimääräinen energia myytäisiin. Alueella aloitettiin tuulimittaukset marras-

kuun alussa vuonna 2011. Projektista on rahoitusneuvottelut käynnissä ja YVA-selvitys valmistuu yhdessä kaavoitusten kanssa keväällä 2012. (44.)

Tuulimittaukset suoritetaan LIDAR periaatteella toimivalla mittausyksiköllä. Tuuli-voimalaitostyyppin valinta ja tarjousten pyyntö alkaa, kun tuulimittauksia on tehty jonkin aikaa. Suunniteltuna laitospakettina on 2 – 3 MW:n laitokset. (45.)

5.2.5 VentusVis Oy

Hankkeena on rakentaa Kotkan Hallaan neljä tuulivoimalaa, noin kolmen megawatin kokoluokkaa. Tuulimittaukset ja YVA-menettelyt toteutetaan yhdessä Kotkamills Oy:n kanssa. Hallassa kuitenkin tehdään myös omat tuulimittaukset, jotka alkavat vuoden 2011 lopussa. Sähköliitäntä on suunniteltu yhdistää Kotkamills Oy:n kanssa samaan paikkaan. Projektin toteutus pyritään tekemään samassa ajassa Kotkamills Oy:n hankkeiden kanssa. (46.)

6 YHTEENVETO

Tuulivoimalaitosprojektin vaiheista ei yhtäkään voida nostaa tärkeyden mukaan ylitse muiden. Jokainen vaihe on hankkeen toteutuksen kannalta tärkeä, ja jokainen tulee hoitaa kunnolla. Jokainen hankkeen vaiheista tulisi aloittaa heti, kun se vain on mahdollista hankkeen toteutuksen sujuvuuden takia ja hankkeen nopeuttamiseksi.

Hanke alkaa ideoinnista, jossa hahmotellaan projektin tavoitteet ja kerätään mahdollista taustatietoa. Tämän jälkeen ryhdytään vertailemaan potentiaalisia sijoituspaikkoja, suunnitellaan projektin organisointi ja aloitetaan alustavat neuvottelut. Tuulimittaukset ja tarpeelliset selvitykset alueesta hoidetaan tässä vaiheessa. Seuraavaksi ennen hankkeen varsinaista toteutusta tehdään tarjouspyynnöt, hoidetaan maa-alueen hankinta, rahoitusneuvottelut, lopulliset neuvottelut, aluesuunnittelut ja lupien hankinta. Toteuttamispäätöksen jälkeen laaditaan lopulliset sopimukset, tehdään maa- ja tierakennustyöt. Tuulivoimalan valmistumisen jälkeen suoritetaan testiajo, käyttöönotto ja mahdollinen testaus.

Tuulivoima Suomessa ja varsinkin Kymenlaaksossa on tällä hetkellä vielä varsin vaatimatonta, mutta se on kovaa vauhtia nousemassa suureksi osaksi energiantuotantoa. Kymenlaaksoon ja Itä-Suomeen on lähitulevaisuudessa tulossa paljon uusiutuvaa energiaa tuottavia tuulivoimaloita.

LÄHTEET

1. Miksi tuulivoimaa? Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: http://www.tuulivoimatieto.fi/miksi_tuulivoimaa [viitattu 30.10.2011].
2. Tuulivoiman projektiopas. Motivan julkaisu 5/1999. Energia-Ekono Oy. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/228/tuulivoimanprojektiopas.pdf> [viitattu 3.12.2011].
3. Historiaa. Tuulivoima Suomessa ja maailmalla. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: <http://www.tuulivoimatieto.fi/historiaa> [viitattu 4.11.2011].
4. Tuulivoimatekniikka. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: <http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulivoimatekniikka> [viitattu 6.11.2011].
5. Tuulivoimaloiden rakenne. Tuulivoimatekniikka. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: <http://www.tuulivoimatieto.fi/rakenne> [viitattu 6.11.2011].
6. Tuulivoimarakentaminen. Ympäristöministeriön esite 2005. Soprano Communications Oy. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=42234&lan=fi> [viitattu 8.11.2011].
7. Tuulivoima Suomessa. Tuulivoima Suomessa ja maailmalla. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulivoima_suomi [viitattu 10.11.2011].
8. Holttinen, Hannele & Stenberg, Anders. Tuulivoiman tuotantotilastot, Vuosiraportti 2008. VTT, 2009. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W132.pdf> [viitattu 10.11.2011].
9. Stenberg, Anders & Holttinen, Hannele. Tuulivoiman tuotantotilastot, Vuosiraportti 2009. VTT, 2010. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W145.pdf> [viitattu 10.11.2011].

10. Suomen tuulivoimatilastot. VTT. Saatavissa:
<http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/index.jsp> [viitattu 12.11.2011].
11. World Wind Energy Report 2010. World Wind Energy Association WWEA 2011.
Saatavissa:
http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf [viitattu 12.11.2011].
12. Turbines. Maps. Google. Saatavissa:
<http://maps.google.com/maps/ms?hl=en&ie=UTF8&msa=0&msid=110320599692552191340.00046d1215f04d21e1fdf&z=5> [viitattu 13.11.2011].
13. Stenberg, Anders & Holttinen, Hannele. Tuulivoiman tuotantotilastot, Vuosiraportti 2010. VTT, 2011. Saatavissa:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W178.pdf> [viitattu 12.11.2011].
14. Esiselvitys. Tuulivoimaprojekti. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimatieto.fi/esiselvitys> [viitattu 14.11.2011].
15. Koistinen, Jarmo 2004. Tuulivoimaloiden linnustovaikutukset. Suomen ympäristö 721. Ympäristöministeriö. Alueiden käyttöosasto. Helsinki: Edita Prima Oy.
16. Tuulen mittaaminen lasersäteillä. Tuulienergia 1/09. Saatavissa:
http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoimayhdistys/files/Tuulienergia0109_vedos.pdf [viitattu 16.11.2011].
17. The WINDCUBE technology. Research & Library. Wind Energy, Applications. Saatavissa: <http://leosphere.com/8,wind-energy/40,windcub-technology> [viitattu 13.12.2011].
18. Jäsenet. Yhdistys. Tuulivoimayhdistys ry. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/Jasenet> [viitattu 13.12.2011].
19. Weckman, Emilia 2006. Tuulivoimalat ja maisema. Suomen ympäristö 5/2006. Ympäristöministeriö. Alueidenkäyttö osasto. Helsinki: Edita Prima Oy.

20. Suuret tuulivoimalat aina YVA-menettelyyn. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.miljo.fi/default.asp?contentid=381729&lan=fi&clan=fi> [viitattu 20.11.2011].
21. Päättyneet YVA-hankkeet. YVA-hankelista. Ympäristövaikutusten arviointi YVA ja SOVA. Ympäristönsuojelu. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=7495&lan=fi> [viitattu 13.12.2011].
22. Toteutusorganisaation suunnittelu. Tuulivoimaprojekti. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: <http://www.tuulivoimatieto.fi/toteutusorganisaatio> [viitattu 22.11.2011].
23. Kaavoitus. Tuulivoimaopas. Saatavissa: <http://www.tuulivoimaopas.fi/kaavoitus> [viitattu 22.11.2011].
24. Maakuntakaava. Kaavoitus. Tuulivoimaopas. Saatavissa: <http://www.tuulivoimaopas.fi/kaavoitus/maakuntakaava> [viitattu 22.11.2011].
25. Kymenlaakson maakuntakaava. Maaseutu ja luonto 2009. Kymenlaakson Liitto. Saatavissa: <http://services.kymenlaakso.fi/www/DimDocumentDownload?action=show&id=2638&fileId=6589> [viitattu 6.12.2011].
26. Ympäristöministeriö vahvisti maakuntakaavan 14.12.2010. Maakuntakaava. Suunnittelu ja kehittäminen. Kymenlaakson liitto. Saatavissa: http://www.kymenlaakso.fi/suunnittelu_ja_kehittaminen/Maakuntakaava/maaseutu_jaluonto/issue_show.jsp?issueId=4146 [viitattu 6.12.2011].
27. Energiamaakuntakaava. Maakuntakaava. Suunnittelu ja kehittäminen. Kymenlaakson liitto. Saatavissa: http://www.kymenlaakso.fi/suunnittelu_ja_kehittaminen/Maakuntakaava/Energia_maa_kuntakaava/ [viitattu 7.12.2011].
28. Yleiskaava. Kaavoitus. Tuulivoimaopas. Saatavissa: <http://www.tuulivoimaopas.fi/kaavoitus/yleiskaava> [viitattu 22.11.2011].

29. Asemakaava. Kaavoitus. Tuulivoimaopas. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimaopas.fi/kaavoitus/asemakaava> [viitattu 22.11.2011].
30. Neuvottelut maanomistajan kanssa. Tuulivoimaprojekti. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: http://www.tuulivoimatieto.fi/alueen_hankinta [viitattu 23.11.2011].
31. Neuvottelut verkonhaltijan kanssa. Tuulivoimaprojekti. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa: http://www.tuulivoimatieto.fi/neuvottelut_verkonhaltija [viitattu 23.11.2011].
32. Luvat. Tuulivoimaopas. Saatavissa: <http://www.tuulivoimaopas.fi/luvat> [viitattu 24.11.2011].
33. Rakennuslupa. Luvat. Tuulivoimaopas. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimaopas.fi/luvat/rakennuslupa> [viitattu 24.11.2011].
34. Milloin tarvitaan ympäristölupa? Luvat. Tuulivoimaopas. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimaopas.fi/luvat/ymparistolupa> [viitattu 24.11.2011].
35. Milloin tarvitaan vesilupa? Luvat. Tuulivoimaopas. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimaopas.fi/luvat/vesilupa> [viitattu 24.11.2011].
36. Maanrakennustyöt. Tuulivoimaprojekti. Tuulivoiman tietopaketti. Saatavissa:
<http://www.tuulivoimatieto.fi/infra> [viitattu 24.11.2011].
37. Peikon perustusratkaisu valittu Haminan Mäkelänkankaan tuulivoimaloihin. Uutiset. Peikko Group. Saatavissa: <http://www.peikko.fi/news-fi/n=Peikon+perustusratkaisu+valittu+Haminan+M%C3%A4kel%C3%A4nkankaan+tuulivoimaloihin> [viitattu 25.11.2011].
38. Follow the foundation building day by day. Wind turbine tower foundation build in Hamina, Finland. Peikko Group. Saatavissa: <http://www.peikko.com/hamina-webcam> [viitattu 25.11.2011].

39. Projects .Maps. Google. Saatavissa:

<http://maps.google.fi/maps/ms?hl=sv&ie=UTF8&msa=0&msid=214614992206218572232.00046c275fd867e2e1def&ll=65.219894,23.90625&spn=11.114256,30.805664&z=5&source=embed> [viitattu 13.11.2011].

40. Suortti, Hannu. Projekti-insinööri. Kotkan Energia Oy. Puhelinhaastattelu
29.11.2011.

41. Lehdistö tiedote. Haminan Energia Oy. Saatavissa:

http://www.haminanenergia.fi/files/download/WinWinDinjaHaminanEnergianlehdistotiedotel9102011_1.pdf [viitattu 6.12.2011].

42. Haminan Energia Oy. Saatavissa: <http://www.haminanenergia.fi/view/id1813>
[viitattu 6.12.2011].

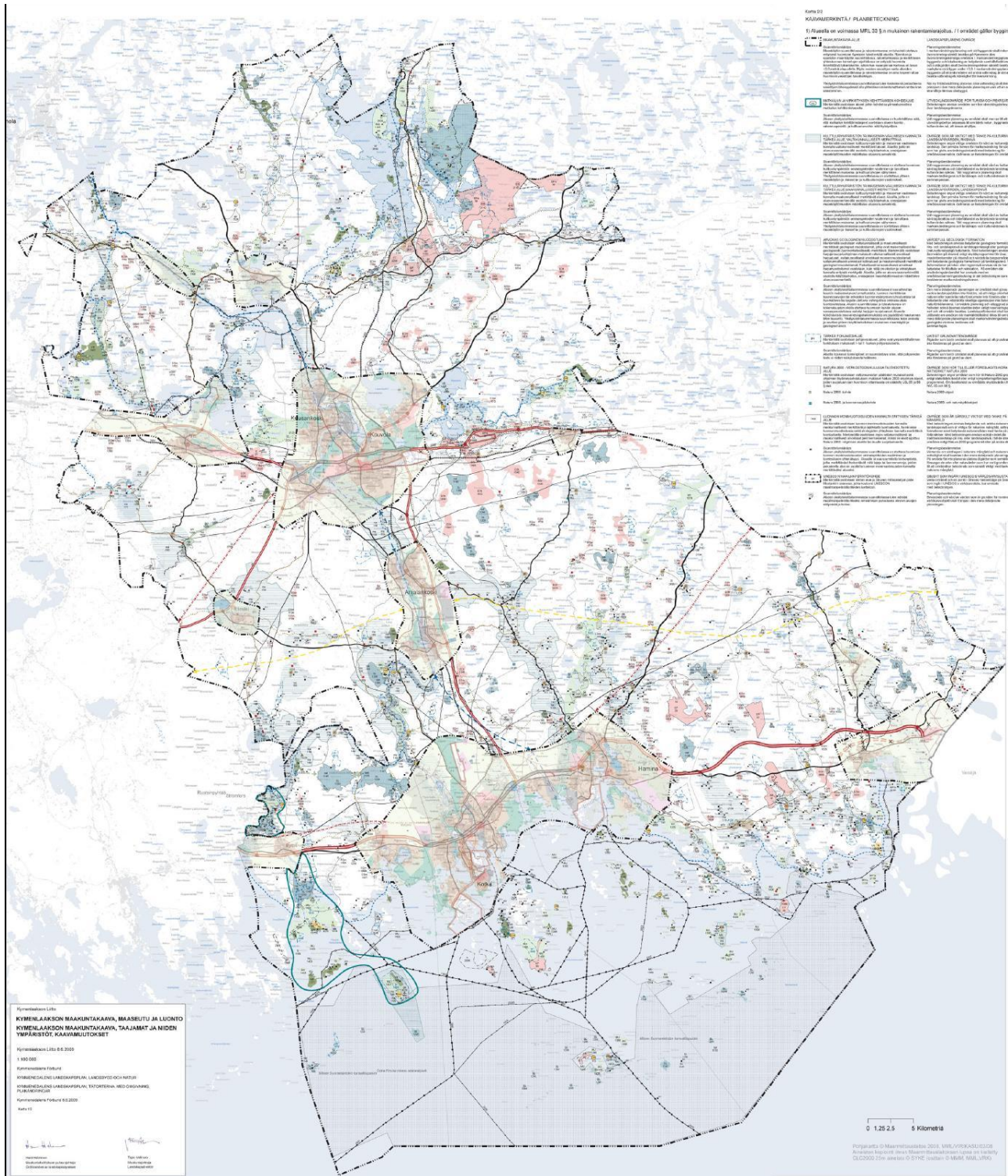
43. Summan tuulipuisto. Saatavissa: <http://www.summantuulipuisto.fi/> [viitattu
6.12.2011].

44. Kettunen, Antti. Tuulivoimapäällikkö. Tuuliwatti Oy. Puhelinhaastattelu
29.11.2011.

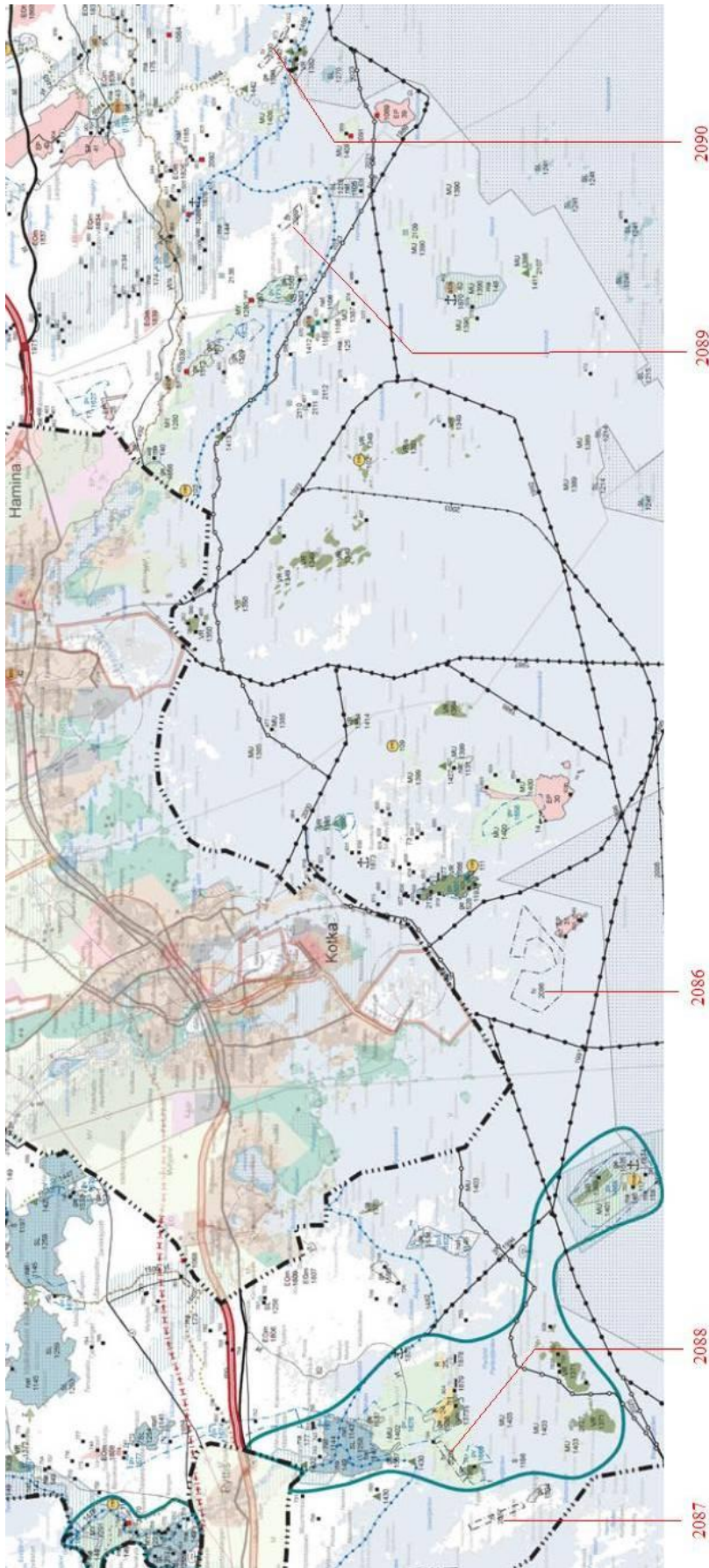
45. Ristola, Eero. Johtaja, Sellu ja energia. Kotkamills Oy. Puhelinhaastattelu
29.11.2011.

46. Laaksonen, Petteri. Toimitusjohtaja. VentusVis Oy. Puhelinhaastattelu
29.11.2011.

(Lähde: Kymenlaakson Liitto)



(Lähde: Kymenlaakson Liitto)



TUULIVOIMAN TUOTANTOON SOVELTUVA ALUE

2090	Siikasaaren tuulivoima-alue	Virolahti	29	54
2087	Munapirtin tuulivoima-alue	Pyhtää	37	
2089	Harvajanniemen tuulivoima-alue	Virolahti	440	
2086	Rankin matalikon tuulivoima-alue	Kotka	47	
2088	Munapirtti, Hinkapyöli tuulivoima-alue	Pyhtää		

Taustatyö	0,5 ... 2	vuotta
Aloitteen teko ja informointi		
Yhteistyösopimuksen etsiminen		
Esiselvitysvaihe	2 ... 12	kuukautta
Sijoituskohteen valinta		
Toteutusedellytysten varmistaminen		
Jos tarvitaan tuulimittauksia, minimimittausjakso 6 kuukautta		
Maa-alueen hankinta	2 ... 12	kuukautta
Prosessin pituus riippuu maanomistajasta sekä alueen käytöstä ja kaavoitusilanteesta		
Lupien hankinta	2 ... 12	kuukautta
Usein vaaditaan poikkeuslupamenettely, joskus ympäristölupa		
Valitukset mahdollisia!!		
Ympäristöselvitys	2 ... 8	kuukautta
Tarve ja laajuus harkittava tapauskohtaisesti		
Täysimittainen YVA vie vähintään 6 - 7 kk		
Laitostoimittajan ja -tyypin valinta	4 ... 8	kuukautta
Tarjouspyynnön laatiminen		
Tarjousvertailut		
Sopimusvalmistelu		
Sopimukset sähkönsiirrosta ja/tai myynnistä	2 ... 12	kuukautta
Rahoitusjärjestelyt	2 ... 6	kuukautta
Oma pääoma		
Lainojen valmistelu		
KTM:n investointiavustuksen hakeminen ja käsittely		
Laitosten toimitusaika	4 ... 10	kuukautta
Toteutussuunnittelu ja rakentamisvaihe	4 ... 8	kuukautta
Kaikki vaiheet yhteensä	1,5 ... 3	vuotta

