

Tiia Tähtinen

**TUULIVOIMALAT JA TUULIVOIMAN TULEVAISUUDEN
NÄKYMÄT SUOMESSA**

**Opinnäytetyö
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2011**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikan ja liiketalouden yksikkö	Aika Marraskuu 2011	Tekijä/ tekijät Tiia Tähtinen
Koulutusohjelma Kemiantekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Tuulivoimalat ja tuulivoiman tulevaisuuden näkymät Suomessa		
Työn ohjaaja DI Laura Rahikka		Sivumäärä 48
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin tuulivoiman hyödyntämistä. Työn tarkoituksena oli selvittää tietoja tuulivoimalaloista ja tuulivoimaloiden tuottaman tehon rajoittamisen eri menetelmistä. Työssä perehdyttiin tuulivoimarakentamiseen liittyvään lainsäädäntöön, sillä sen noudattaminen on yksi edellytys tuulivoiman toteutumiselle. Lisäksi selvitettiin tuulivoimasta aiheutuvia vaikutuksia ympäristöön, sähköverkkoon ja yhteiskuntaan.</p> <p>Työssä tutustuttiin tuulivoimaloiden potentiaalisiin sijoituspaikkoihin Suomessa ja muihin sijoittamisessa huomioitaviin asioihin. Kyseisen tuotantotavan osuus Suomessa esimerkiksi sähkön- ja energiantuotannossa ei ole vielä tällä hetkellä suuri, mutta opinnäytetyötä tehdessä selvisi, että sen osuutta kasvatetaan määrätietoisesti Suomen hallituksen ja EU:n asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi.</p> <p>Kokkolan kaupungin tuulivoima-alueen vaiheyleiskaavan tilanne oli yhtenä työn tarkastelun kohteena. Myös muutamia muita Suomessa meneillään olevia tuulivoimaprojekteja nostettiin esille työn lopussa sekä tehtiin selvitykset niiden sisällöistä ja etenemisestä.</p>		

Avainsanat

Maankäyttö- ja rakennuslaki, tehon rajoitus, tuulivoima, tuulivoimahankkeet, ympäristövaikutusten arviointi

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNI-VERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date November 2011	Author Tiia Tähtinen
Degree programme Chemical Engineering Degree Program		
Name of thesis Wind turbines and the prospects of wind power in Finland		
Instructor Laura Rahikka	Pages 48	
<p>The topic of this thesis was the exploitation of wind power. The aim was to explore wind turbines and the limitation of various methods the power generated by wind power plants. The Finnish legislation related to the construction of wind power was reviewed also because compliance with addition the impacts of wind power on the environment, electricity grid and society were studied in this thesis project.</p> <p>The author of this thesis also reviewed potential wind turbines locations in Finland and issues related to siting wind power plants. The share of this mode of electricity and energy generation continues to be minor in Finland. Yet, one of the findings of the thesis is that the share will increase as this is clearly shown in the agenda of the Finnish Government and the EU-policy.</p> <p>In addition this report deals with the current phase master plan for the local find power area issued by the city of Kokkola. A few other ongoing wind power projects are highlighted at the end of the report with analysis of their contents and progress.</p>		

Keywords

Environmental impact assessment, Land Use and Building Act, power control, wind energy projects

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TUULIVOIMALAT	2
2.1 Tuulivoimalatyypit	4
2.2 Rakenne.....	6
2.3 Toiminta.....	8
2.4 Tehon rajoittaminen	8
2.4.1 Sakkausrajoitus	9
2.4.2 Lapakulmasäätöön perustuva tehonrajoitus	10
2.4.3 Aktiivinen sakkausrajoitus	11
3 TUULIVOIMARAKENTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ	12
4 TUULIVOIMAN KÄYTTÖ	15
4.1 Vaikutukset.....	15
4.1.1 Ympäristövaikutukset	16
4.1.2 Sähköverkkovaikutukset	18
4.1.3 Yhteiskuntavaikutukset	19
4.2 Kustannukset	20
5 TUULIVOIMA SUOMESSA	22
5.1 Sijoituspaikka.....	22
5.2 Energian- ja sähköntuotanto tuulivoimalla.....	23
5.3 Tulevaisuudennäkymät	25
5.4 Tuulivoima-alan yrityksiä	26

6 TUULIVOIMA KOKKOLASSA	28
6.1 Nykyiset tuulivoimalat	28
6.2 Tuulivoima-alueen vaiheleiskaava	28
6.2.1 Esittely.....	28
6.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi	34
6.3 Kyselytutkimus Kokkolan edustan merituulipuistosta	39
7 SUUNNITELTUJA TUULIVOIMAHANKKEITA.....	41
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Maailmanlaajuisesti tuulivoima on nopeasti kasvava energiantuotannon muoto. Kiinnostus sen tuotantoon on lisääntynyt myös Suomessa, ja sen käytön voidaan olettaa yleistyvän täällä tulevaisuudessa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan eri tuulivoimalatyyppejä sekä yleisesti voimalan rakennetta ja toimintaa. Työssä selvitetään myös, millaisin keinoin tuulivoimalan tehon rajoittaminen on mahdollista. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää tuulivoimarakentamisen vaatimuksia ja muita edellytyksiä tuulivoima-alueille. Näitä asioita käsitellään tuulivoimarakentamiseen liittyvän lainsäädännön avulla. Myös tuulivoimaloiden rakentamisesta ja käytöstä syntyvistä ympäristövaikutuksista sekä vaikutuksista sähköverkkoon ja yhteiskuntaan tehtiin selvitys, sillä kaikilla energiantuotantomuodoilla on monenlaisia vaikutuksia, sekä positiivisia että negatiivisia.

Kokkolan kaupunki käynnisti huhtikuussa 2010 oikeusvaikutteisen tuulivoima-alueen vaiheleiskaavan laatimisen Kokkolan suurteollisuusalueelle EPV Tuulivoima Oy:n ja PVO-Innopower Oy:n aloitteesta mahdollistaa tuulivoimarakentaminen. Työssä tutkittiin Kokkolan tuulivoimatilannetta tarkastellen jo olemassa olevia tuulivoimaloita ja vireilläään olevan tuulivoimalahankkeen etenemistä.

Lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin kansalaisten mielipiteisiin suuresta merituulipuistosta ja sen vaikutuksista Pohjolan Voiman vuonna 1999 käynnistämän Merituulipuisto-hankkeen kyselytutkimuksen pohjalta. Työn lopussa käydään läpi myös muita Suomessa vireilläään olevia tuulivoimahankkeita tutkien, mikä on ajankohtainen tilanne kullakin projektilla tällä hetkellä.

2 TUULIVOIMALAT

Kun aurinko säteilee, se lämmittää maan pintaa ja ilmaa. Lämmennyt ilma kevyempänä kohoaa ylöspäin, ja siitä seuraa maan pinnalla ilman paineen aleneminen. Ilmamassat alkavat liikkua paineen tasoittumisen myötä ja siitä syntyy tuuli. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 280.)

Tuulivoimassa ilman virtauksen liike-energia muutetaan tuuliturbiinilla sähköenergiaksi. Tuuliturbiini tarkoittaa koko voimalaitosta eli tuulivoimalaa, johon kuuluu perustukset, torni, konehuone ja roottori (napa ja lavat/siivet). (Tuulivoiman tietopaketti 2009.) Tarkemmin kuvailtuna ilman liikkuvien molekyylien liike-energia muutetaan tuulivoimalan siipien avulla pyörimisenergiaksi. Siivet pyörittävät edelleen akselia, joka on kytketty kiinni generaattoriin. Tämä pyörimisliike muutetaan sähköksi generaattorissa ja johdetaan edelleen muuntajaan sekä sähköverkkoon. Tuotettua sähköä voidaan hyödyntää suoraan lämmitykseen tai muuttaa käytösähköksi. (Tuulivoimateknologia 2009.)

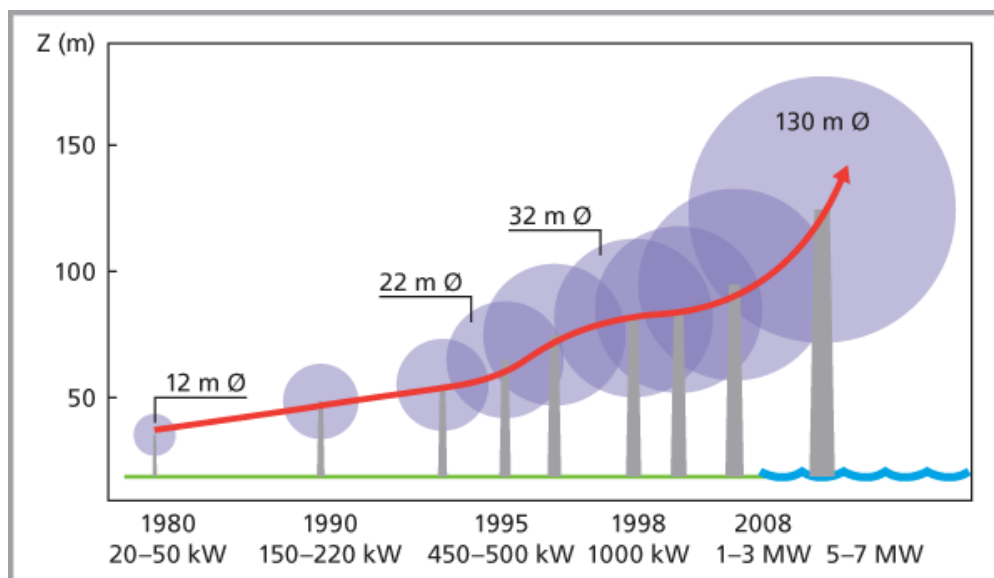
Voimalaitokset suunnitellaan tavallisesti 120 000 tunnin eli noin 20 vuoden käyttöajalle. Ne ovat hyvin pitkälle automatisoituja, ja niiden normaali käyttö sekä valvonta tapahtuvat kaukovalvontana toisen laitoksen valvomosta. (Huhtinen ym. 2008, 286.) Rannikolla oleva tuulivoimala, joka on yhden megawatin suuruinen, tuottaa tavallisena päivänä energiaa noin 6500 kilowattituntia tuulen keskinopeuden ollessa 6,5 metriä sekunnissa. Samainen voimala tuottaa vuodessa energiaa 2,35 gigawattituntia. Sen suuruinen energiamäärä riittäisi yli tuhannen kerrostaloasunnon vuoden sähköiksi. Paikan tuulisuus vaikuttaa suuresti energian tuottoon. Esimerkiksi tuulenopeuden kasvaessa 0,1 metrillä sekunnissa edellä mainitun voimalan vuosituotto lisääntyy jopa 2,5 prosentilla. (Tuulessa on voimaa -esite 2001, 7.)

Voimaloiden tuuliturbiinit tulee sijoittaa tuulipuistoissa tarpeeksi kauaksi toisistaan, sillä muuten ne vaikuttavat toistensa tehoon. Riittävä etäisyys on viisi kertaa potkurin pyörimiskehän halkaisijan mitta. Käsite tuulipuisto tarkoittaa aluetta, jolla on

useita tuulivoimaloita liitetty toisiinsa ja jossa nämä tuulivoimalat kytkeytyvät edelleen yhtenä kokonaisuutena sähköverkkoon. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Tuulivoimalan kokoa kuvataan useimmiten nimellistehon avulla. Se on suurin teho, joka voidaan tuulivoimalle määrittää. Muita tuulivoimalan kokoa kuvaavia käsitteitä ovat pyyhkäisyypinta-ala, potkurin halkaisija, vuosituotto, napakorkeus tai paino. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Viimeisen 25 vuoden aikana tuulivoimaloiden koko on moninkertaistunut (KUVIO 1). Tornin korkeutta on kasvatettu 22 metristä yli sataan metriin. Tuulivoimalan potkurin halkaisija oli 15 metriä vuonna 1981, ja nykyään 5 megawatin koelaitosten potkurinhalkaisija on jopa 130 metriä. Tuotettavan tehon määrä on kasvanut 55 kilowatista 3000–5000 kilowattiin. Korkeampien tornien ansiosta on saavutettu parempi tuulisuus, ja hyötysuhde on kasvanut parantuneen aerodynamiikan ansiosta, minkä seurauksena vuosituotto on yli satakertaistunut tänä aikana. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)



KUVIO 1. Tuulivoimaloiden koon kasvu 1980-luvulta lähtien (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

2.1 Tuulivoimalatyypit

Markkinoilla olevat tuulivoimalaitosten valmistajat valmistavat erityyppisiä laitoksia eri kokoluokissa. Lähinnä kolmilapaiset ja vaaka-akseliset laitokset ovat kaupallisia laitoksia, ja molemmissa laitoksissa roottori on torniin nähden tuulen yläpuolella. Kaksilapaisista laitoksista on luovuttu melkein kokonaan. Jos voimalassa on vähemmän kuin kolme lapaa, massahitusvoimien erosta vaaka-pystyakselin suhteen aiheutuu tuuleen käännettäessä koneistoa rasittavaa tärinää. Jos taas tuulivoimalassa on enemmän kuin kolme lapaa, se tulee kustannuksiltaan kalliimmaksi eikä anna sen enempää tehoa kuin kolmilapainen laitos (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Pystyakseliset laitokset on todettu kokeiluissa teknisesti ongelmalliseksi suurissa laitosluokissa (KUVIO 2). Vaaka-akselinen turbiini on suunniteltu tietylle tuulen nopeusalueelle, ja se toimii parhaiten tällä alueella. Vaaka-akselinen voimala saadaan toimimaan, kun potkuri käännetään kohti tuulta. Tuuli voidaan suunnata moottorikäyttöisesti tai käyttämällä pyrstöä tai poikittaista kääntöpotkuria. Poikittainen kääntöpotkuri toimii, kun tuuli tulee sivusta. Vaaka-akselisella roottorilla on suurempi pinta-ala kuin pystyakselisella roottorilla, ja näin tuulesta saadaan enemmän energiaa talteen. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Kolmilapaisella vaaka-akselisella potkurilla on kokonaisvaltaisesti erinomainen hyötysuhde verrattuna muihin ratkaisuihin (KUVIO 3). Lisäksi se on luotettavin ja kevein ratkaisu pitkäaikaiseen käyttöön. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 77.)

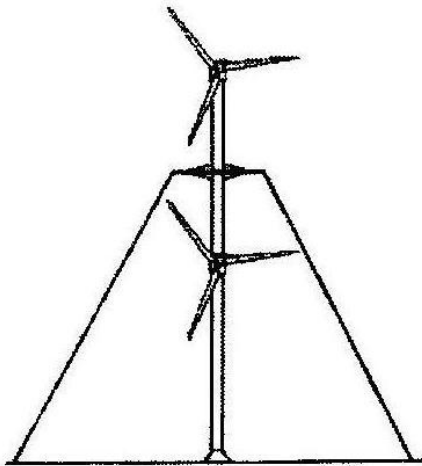


KUVIO 2. Pysty akselinen Savonius-voimala (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)



KUVIO 3. Kolmilapainen vaaka-akselinen tuulivoimala (Tuulivoimala 2009.)

Megatuulivoimalaitokset ovat tuulivoimalaitoskehityksen tulevaisuuden uutta sukupolvea (KUVIO 4). Perusideana niissä voimalaitoksen torniin sijoitetaan kaksi roottoria. Niiden kautta tuulta saadaan hyödynnettyä tehokkaammin kuin perinteisellä yksiroottorisella voimalalla, jos ne toteutuvat tulevaisuudessa. (Huhtinen ym. 2008, 284.)



KUVIO 4. Megatuulivoimala (Huhtinen ym. 2008, 284.)

2.2 Rakenne

Eurooppalaisissa laitoksissa tuulivoimalan torni on yleensä putkirakenteinen ja valmistettu teräksestä, joka kiinnitetään betoniseen perustukseen. USA:ssa käytetään esimerkiksi ristikkorakenteisia torneja, ja hybriditorneja on otettu käyttöön Suomessa. Niissä 50 metriä tornin alaosasta on betonia ja loput terästä. Tuulivoimalan konehuoneessa ovat vaihteisto, generaattori sekä säätö- ja ohjausjärjestelmät (kuvio 5.). Vaihteiston tehtävä on muuttaa roottorin matala kierrosluku (10–40 rpm) generaattorille sopivaksi (1000–1500 rpm). Yleensä laitoksen generaattori on 4- tai 6-napainen epätahtigeneraattori. Tällaisten generaattorien pyörimisnopeus määräytyy sähköverkon taajuudesta. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Generaattori on pyörivä sähkökone, joka muuttaa mekaanisen energian sähköenergiaksi. Sen tärkeimmät osat ovat seisoja eli staattorin käämitys levypakettei-

neen ja pyörijä eli roottorin käämitys levypaketteineen. Nämä osat ovat sähköisen toiminnan aktiiviset osat. Loput generaattorin osat ovat passiivisia osia. Niiden tehtävä on pitää aktiiviset osat paikoillaan, johtaa sähköä koneeseen tai pois koneesta ja välittää pyörivä liike moottorista työkoneeseen tai voimakoneesta generaattoriin. Epätahtigeneraattori on niin sanotusti vaihtosähkökone. Sen roottori pyörii suuremmalla nopeudella staattorin käämityksen kehittämän magneettikentän kanssa. (Aura & Tonteri 1995, 304–305.)

Tuulivoimalan konehuonetta kääntävät tuulen suuntaan erilliset moottorit käyttäen apuna suunta-anturia ja säätölaitetta. Konehuoneen runko on tehty myös teräksestä tai vaihtoehtoisesti lasikuidusta. Lavat säätelevät laitoksen tehoa ja toimivat pysäytysmekanismina. Nykyään komposiittimateriaali on yleisin valmistusmateriaali roottorin lavoille. Kyseisessä materiaalissa käytetään lasikuitua ja joskus hiilikuitua tai puuta epoksin/polyesterin kanssa. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)



KUVIO 5. Tuulivoimalan osat (mukaillen Tuulivoimala 2009.)

2.3 Toiminta

Tuulivoimala käynnistyy, kun tuulen nopeus on vähintään 3 m/s. Oltessa alueella 4–13 m/s tuulen tuottama teho on suoraan riippuvainen tuulen nopeudesta. Tuulivoimala saavuttaa nimellistehonsa noin 13–14 m/s tuulen nopeudella. Voimala alkaa tuottaa nimellistehoa eli vakiotehoa tästä nopeudesta eteenpäin aina 25 m/s tuulen nopeuteen asti. Kuitenkin sakkaussäätöiset tuulivoimalat ovat tässä poikkeuksena. Tuulen nopeusalueella 15–25 m/s niiden tuottama teho alenee jonkin verran. Yleisesti tuulivoimalat on suunniteltu toimimaan alle 25 m/s tuulen nopeudella. Jos tuuli ylittää tämän nopeuden, voimalan rakenteisiin kohdistuu suuria rasituksia ja syntyy laiterikkoutumisen vaara. (Tekniikka tutuksi 2010.)

Vapaasti virtaavan tuulen antama teho P tuulivoimalan roottorille (vaaka-akselinen potkurimalli) saadaan yhtälöstä:

$$P = \frac{1}{2}\rho w^3 \pi R^2 c_p \quad (1)$$

Siinä ρ on ilman tiheys kg/m^3 , joka on $0\text{ }^\circ\text{C}$:ssa noin $1,3\text{ kg/m}^3$, w on ilman virtausnopeus m/s , R tarkoittaa roottorin sädettä metreinä ja c_p kuvaa roottorin tehokerointia. Yhtälöstä laskettavan tehon tulos saadaan watteina. (Huhtinen ym. 2008, 284.)

2.4 Tehon rajoittaminen

Tuulivoimalalaitokset voidaan jakaa eri tyyppeihin myös sen mukaan, miten niiden tuottamaa tehoa rajoitetaan suurilla tuulennopeuksilla. Laitoksen tehon säätö tapahtuu sakkauksen tai lapakulman säädön kautta. Kaikki rajoitustavat perustuvat lavan ja tuulen välisen kohtauskulman muuttumiseen. Sakkaussäätöisten laitosten pysäytys tapahtuu kärkijarrun avulla, ja aktiivisella sakkauksella varustetut sekä lapakulmasäätöiset laitokset pysäytetään kääntämällä koko lapa pois tuulesta. Jokaisessa laitoksessa on lisäksi toinen pysäytysmekanismi, joka on levyjarru. (Tuulivoiman tietopaketti 2009 & Tuulivoiman projektiopas 1999, 77–78.)

Kun tuulen nopeus saavuttaa nimellistehon, tätä nopeutta kutsutaan nimellisteho-
tuulennopeudeksi. Laitoksen tuottamaa tehoa aletaan rajoittaa siinä vaiheessa, jos
tuulen nopeus ylittää tämän nopeuden. Näin laitoksen ei tarvitse toimia ylisuurella
teholla. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 77–78.)

2.4.1 Sakkausrajoitus

Passiivinen sakkaus on perinteinen keino rajoittaa sakkausta. Sakkaus tarkoittaa
seuraavaa: kun tuulen nopeus kasvaa ja lavan pyörimisnopeus pysyy edelleen
vakiona, silloin tuulen kohtauskulma pyörivään lapaan nähden kasvaa. Kohtaus-
kulman tullessa riittävän suureksi muuttuu siiven tyhjiöpuolen virtaus laminaarises-
ta turbulenttiseksi. Tämä muutos johtaa siihen, että lapa alkaa sakata, ja silloin
lavan hyötysuhde pienenee. Sakkauksen alkaessa teho putoaa aluksi samalla,
kun tuulen nopeus kasvaa. On olemassa tietty raja, jonka jälkeen lavan taakse
syntyvät pyörteet eivät voi rajoittaa tehon kasvua tuulen nopeuden kasvaessa
edelleen. Sen seurauksena teho alkaa kasvaa jyrkästi, ja viimeistään siinä vai-
heessa, kun on päästy uudelleen nimellistehoon, laitos täytyy pysäyttää. Muuten
tästä seuraisi vakavia vaurioita. Järjestelmä hoitaa pysäytyksen automaattisesti
seuraamalla tuotettua tehoa. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 79.)

Yksi riskitekijä kiinteälapakulmaisille laitoksille on tietyissä sakkaustilanteissa syn-
tyvät värähtelyt, jotka vahvistavat itseään. Ne saattavat johtaa lapojen rikkoutumi-
seen. Värähtelyt voidaan estää siten, että asennetaan konehuoneeseen ja napaan
värähtelyantureita, jotka pysäyttävät laitoksen vaaratilanteen yllättäessä. Mutta
joissain olosuhteissa laitos saattaa pysähdellä jatkuvasti ja tällöin tulee tuotannon
menetyksiä. Värähtelyä voidaan vähentää myös erilaisilla lapaprofiilin modifikaati-
oilla. Näin sakkausta pystytään hallitsemaan paremmin. Lapoihin on kokeiltu myös
asentaa mekaanisia vaimentimia, jotka ovat toimineet menestyksellisesti. (Tuuli-
voiman projektiopas 1999, 79.)

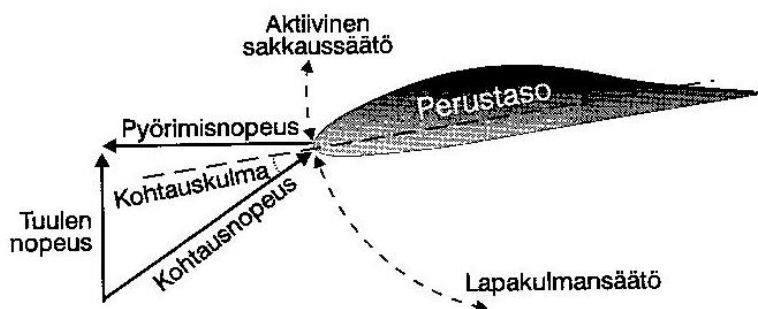
Sakkauslaitoksilla on myös toinen ongelma, joka on sakkausominaisuuksien muut-
tuminen vallitsevien sääolosuhteiden (lämpötila, ilmanpaine ja -kosteus), turbu-
lenssin, jäätyminen, lavan likaantumisen jne. mukaan. Erityisesti Suomen ilmasto-

oloissa tulee huomioida se, että kylmä ilma on tiheämpää kuin lämmin ilma, jolloin kyseinen laitos tuottaa herkästi ylitehoja tuulisina talvipäivinä. Ylitehot voivat johtaa jatkuvaan laitoksen pysähtelyyn tai mekaanisten ja/tai sähköisten komponenttien ylikuormittumiseen tai jopa laiterikkoihin. Mainittujen komponenttien elinikä lyhenee jatkuvien pysäytysten ja käynnistysten vuoksi. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 79.)

2.4.2 Lapakulmasäätöön perustuva tehonrajoitus

Kun lapakulmasäätöinen laitos toimii nimellistehotuulennopeudella, sen lapakulma yritetään pitää optimissa. Tämä toteutetaan siten, että lapakulmaa säädetään seuraamalla laitoksen tuottamaa tehoa. Suuremmissa laitoksissa lapakulman säätö tapahtuu erikseen jokaisessa lavassa, mutta joissakin laitoksissa kaikkien lapojen lapakulma säätyy yhtäaikaaisesti. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 79–80.)

Jos tuulen nopeus kasvaa nimellistehonopeutta suuremmaksi, lapa kääntyy tuuleen päin ja näin kohtauskulma pienenee optimista (kuvio 6.). Näiden lisäksi lavan hyötysuhde laskee. Tuulen nopeuden kasvaessa yli maksimituulennopeuden laitos kääntää lavat tuulen suuntaiseksi ja pysäyttää näin itsensä. Kun laitoksen lavat ovat tuulen suuntaisesti, niiden johtoreuna on tuuleen päin eli lavan ja tuulen kohtauskulma on silloin 0° . Tuulen nopeuden ollessa suuri ja varsinkin tuulen ollessa puuskittaista lapakulman muutokset synnyttävät nopeita tehonvaihteluita. Näitä voi hillitä asentamalla kullekin lavalle erillisen säätömekanismin tai sallia pyörimisnopeuden rajallinen vaihtelu puuskissa. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 79–80.)



KUVIO 6. Lavan ja tuulen kohtauskulma (Tuulivoiman projektiopas 1999, 78.)

2.4.3 Aktiivinen sakkausrajoitus

Aktiivisakkaussäätöinen tuulivoimalaitos toimii kuin lapakulmasäätöinen laitos alle nimellistuulennopeudella, eli laitos pyrkii optimoimaan lapakulmaa. Tuulen nopeuden ylittäessä nimellistuulennopeuden lapa alkaa sakata kuten passiivisessa sakkausrajoituksessa, mutta sakkauksen määrään vaikutetaan säätämällä lavan asetuskulmaa. Asetuskulma säädetään niin, että suurilla tuulennopeuksilla laitos toimii aina lähellä nimellistehoä. Tuulen nopeuden kasvaessa yli maksimituulennopeuden voimalaitos kääntää lavat tuulen suuntaisesti ja pysäyttää itsensä. Tässä tapauksessa jättöreuna tulee tuuleen päin eli kohtauskulma on 180°. Kun tuuli vaihtelee nimellistuulennopeuden molemmiin puolin, aktiivinen sakkaussäätö vaatii suurempia lapakulman muutoksia kuin lapakulmasäätöön perustuva tehonrajoitus. Tähän on syynä lapojen kääntyminen eri suuntiin. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 80–81.)

Tehon rajoitus määrää osaltaan kullekin laitostyypille ominaisen käyttöajan. Jos laitoksen tehon rajoitus aloitetaan alhaisemmalla tuulennopeudella (ts. pienempi nimellistuulennopeus on pienempi), tällöin se saavuttaa samoissa tuuliolosuhteissa pidemmän huippukäyttöajan kuin sellainen, jonka hetkellinen nimellistuulennopeus on suurempi. Jälkimmäisessä tapauksessa tehonrajoituksen vuoksi suurilla tuulivoimakkuuksilla menetetään enemmän energiaa. (Tuulivoiman projektiopas 1999, 80–81.)

3 TUULIVOIMARAKENTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ

Tuulivoimarakentaminen perustuu samoihin säännöksiin kuin muukin rakentaminen. Se, onko alue sopiva tuulivoimaloiden sijoituspaikaksi, tulisi ratkaista maakunta-, yleis- tai asemakaavalla. Kaavan valintaan vaikuttavat alueen luonne ja hankkeen koko. Maankäyttö- ja rakennuslain avulla selvitetään tuleeko alue kaavoittaa tuulivoimaloiden rakentamisen vuoksi vai voiko voimalat rakentaa luparatkaisuihin perustuen. Tuulivoima-alueen ollessa maakuntakaavassa tai yleiskaavassa tuulivoimaloiden sijoittaminen voidaan toteuttaa luparatkaisulla ilman yksityiskohtaista kaavaa. (Tuulivoimarakentaminen 2005.)

Yleis- ja asemakaavojen laadinnasta vastaavat kunnat sekä maakuntakaavojen laadinnasta maakuntien liitot. Kuntien toimivaltaan kuuluu myös maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset lupa-asiat. Alueellinen ympäristökeskus tekee poikkeamispäätökset suunnittelutarpeesta ranta-alueella. Jos esimerkiksi tuulivoimalat sijoituvat ranta-alueelle, jota ei ole kaavassa osoitettu tuulivoimarakentamiseen, tarvitaan aina lisäksi poikkeamispäätös suunnittelutarpeesta ranta-alueelle. Tuulivoimaloiden rakentaminen ranta-alueen ulkopuolella voi edellyttää suunnittelutarveratkaisua rakennusluvan lisäksi. Pelkästään luparatkaisujen pohjalta tuulivoimalapuisto voidaan rakentaa vain sellaisille alueille, joilla on vähäinen yhteensovittamistarve tuulivoimarakentamisen ja muun alueiden käytön välillä ja joilla ei ole erityisiä ympäristöarvoja. Sellaisia alueita voivat olla esimerkiksi teollisuus-, satama- ja varastoalueet lähiympäristöineen. (Tuulivoimarakentaminen 2005.)

Tuulivoimaloiden vesistörakentaminen edellyttää vesilain mukaista lupaa, ja jos tuulivoimalan rakentamisesta maa-alueelle syntyy vaikutuksia vesistöön, se vaatii myös kyseistä lupaa. Mikäli tuulivoimarakentamisen lähialueilla on pysyvää asutusta tai loma-asutusta, rakentaminen voi edellyttää ympäristönsuojelulain nojalla myönnettävää ympäristölupaa. Lisäksi ympäristölupa tarvitaan aina, jos voimalasta saattaa aiheutua naapuruussuhdelaisissa tarkoitettua kohtuutonta rasisitusta. Tällaisia vaikutuksia voi syntyä tuulivoimalan toiminnasta, joita ovat esimerkiksi käyntiäänä ja pyörivien lapojen varjon vilkkuminen. Kunnan ympäristönsuojeluviran-

omainen käsittelee kyseisen ympäristölupa-asian. (Tuulivoimarakentaminen 2005.)

Tuulivoimalan rakentaminen vaatii yleensä myös lentoestoluvan. Kaikki yli 60 metriä korkeat rakennelmat vaativat käytännössä tämän luvan hakemista Liikenteen turvallisuusvirastolta. Sähköverkkoliityntää ja voimajohtoja koskevat menettelyt kuuluvat olennaisesti tuulivoimarakentamiseen. Yksittäisten voimalapuistojen liityntäjohtojen rakentaminen ei ole tarkoituksenmukaista, vaan verkko olisi hyvä suunnitella ja rakentaa kokonaisuutena. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2011.)

1.6.2011 lähtien tuulivoimalapuiston rakentaminen edellyttää YVA (Ympäristövaikutusten arviointilain mukaisen ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltamista sellaisissa tilanteissa, joissa hankkeeseen sisältyy vähintään kymmenen tuulivoimalaa tai tuulivoimaloiden kokonaisteho on vähintään 30 megawattia. Pienemmissä tapauksissa voidaan myös edellyttää tämän menettelyn soveltamista yksittäistapauksessa tehtävän harkinnan perusteella, jos sen ympäristövaikutukset olisivat todennäköisesti merkittävästi haitallisia. Kyseisessä arviointiohjelmassa tulee ottaa esille ratkaisuja, jotka perustuvat muun muassa seuraavien vaikutusten merkittävyyteen:

Mistä vaikutuksista tulee tehdä selvityksiä ja minkä vaikutusten osalta arviointi voi perustua olemassa olevaan tietoon? Mitkä vaikutuksista ovat niin vähämerkityksellisiä (esimerkiksi niin välillisiä, pieniä tai epävarmoja), että niiden tarkempi selvittäminen ei ole tarpeen? Millaisia selvityksiä tehdään? Eli miten yksityiskohtaisia ja laajoja tai millä menetelmillä? (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2011.)

Maantie- ja ratatielakeihin perustuen tuulivoimaloita ei ole mahdollista rakentaa maantien tiealueelle tai rautatiealueelle tai rautatien suoja-alueelle. Suoja-alue, joka on maantiellä, ulottuu 20 metrin etäisyydelle maantien ajoradan tai uloimman ajoradan keskilinjasta. Erityisestä syystä etäisyys voi olla määrättyä lyhyempi tai sitä voidaan pidentää enintään 50 metriksi, mutta leveys voi olla enintään 300 met-

riä varalaskupaikan kohdalla sekä pituussuunnassa molemmista päistä 750 metrin etäisyydellä ulottuvasta jatkeesta. Suoja-alue rautatiellä ulottuu 30 metrin etäisyydelle radan raiteen tai useiden raiteiden ollessa rinnakkain uloimman raiteen keskilinjasta. Ratasuunnitelmassa rautatien suoja-aluetta voidaan erityisestä syytä myös supistaa tai laajentaa enintään 50 metriä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2011.)

Laki puolustusvoimista korostaa tärkeiden harjoitusalueiden käytettävyyden turvaamisen puolustusvoimien joukkojen harjoitus- ja ampumatoiminnalle. Aluevalvontalaki vaatii tuulivoimarakentamiseen liittyvissä hankkeissa pyytämään lausunnon Ilmavoimien Esikunnalta ja alueella toimivalta puolustusvoimien aluehallintoviranomaiselta (sotilaslääniltä). Jos tuulivoimarakentamisen hanke sijoittuu merelle tai rannikolle, tulee lausunto pyytää Merivoimien Esikunnalta. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2011.)

Tuulivoimaloiden toteuttamista koskee myös muinaismuistolaki. Esimerkiksi merituulivoimaloiden rakentamishankkeissa on tutkittava ja arvioitava hankkeen vaikutukset kiinteisiin muinaisjäänöksiin, joihin kuuluvat ainakin 100 vuotta uponneena olleet laivalöydöt. Lisäksi erämaalaki rajoittaa tuulivoimarakentamista erämaa-alueille siten, että näille alueille pysyvien teiden rakentaminen on kielletty. Poronhoitolaki on laki, joka tulee huomioida poronhoitoalueella toimittaessa. Suunniteltaessa tuulivoimarakentamista tällaisille alueille on otettava huomioon poronhoitolain alueiden käytölle aiheuttamat rajoitukset. Täytyy myös tutkia ja arvioida hankkeen vaikutukset poroelinkeinoon sekä neuvotella ja pyytää lausunnot asianomaiselta paliskunnalta sekä Paliskuntain yhdistykseltä. Laki saamelaiskäräjistä tarkoittaa sitä, että suunniteltaessa tuulivoimarakentamista saamelaisten kotiseutualueelle tulee hankkeesta neuvotella saamelaiskäräjien kanssa. Saamelaisten kotiseutualueita ovat Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kuntien alueet sekä Sodankylän kunnassa sijaitseva paliskunnan alue. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2011.)

4 TUULIVOIMAN KÄYTTÖ

Tuulivoima on kestävä energiaratkaisu, koska se on osa normaalia luonnon toimintaa ja uusiutuva energialähde. Kun energiayhtiö ja kuluttaja valitsevat tuulivoiman, kertoo se sitoutumisesta kestäväan energiaratkaisuun. Uusiutuvat energiamuodot ovat vielä verrattain kalliimpia ja siksi pienessä asemassa perinteisiin energianlähteisiin nähden, mutta esimerkiksi ilmastonmuutoksen ja ilmastotavoitteiden toteuttamisen vuoksi ne tulevat vielä nousemaan merkittävämpään asemaan. Tällä hetkellä tuulivoiman käyttö kasvaa jo noin 30 prosentin vuosivauhdilla. (Energiantuotanto 2010.)

Uusiutuvana energianlähteenä tuulivoima on yksi ekologisimpia tapoja tuottaa energiaa. Sen käytöllä voidaan hidastaa ilmastonmuutosta, jos sillä korvataan fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Tuulivoimalan asennuksen jälkeen tuulivoima on päästötöntä, vaivatonta, luotettavaa ja ilmaista käyttää, jos ei oteta huomioon pieniä huoltotoimenpiteitä. Siitä ei synny myöskään käyttökustannuksia alkuinvestoinnin jälkeen. (Tuulivoima 2011.)

4.1 Vaikutukset

Tuulivoimarakentamisen vaikutusten arviointi suoritetaan kaavoitus- ja lupamenettelyjen yhteydessä. Merkittävimpien tuulivoimahankkeiden ympäristövaikutusten arviointi tehdään YVA-lain mukaisessa menettelyssä. Kun arvioidaan vaikutuksia, silloin selvitetään myös kansalaisten ja muiden osallisten näkemykset. Siihen, kuinka laajasti ja yksityiskohtaisesti asioita tulee selvittää, vaikuttavat sijaintialueen ympäristöarvot, muu alueidenkäyttö, kyseessä oleva kaavataso ja rakentamisen mitoitus. Selvityksen tulee olla sitä yksityiskohtaisempi, mitä herkemmästä alueesta ja suuremmasta muutoksesta nykytilanteeseen verrattuna on kyse. Tuulivoimahanke edellyttää luonnonsuojelulain mukaista Natura-arviointia, jos hankkeen rakentaminen todennäköisesti merkittävästi heikentää kyseisen alueen perusteena

olevia luonnonarvoja, joiden mukaan Natura-alue on sisällytetty Natura 2000-verkostoon. (Tuulivoimarakentaminen 2005.)

4.1.1 Ympäristövaikutukset

Tuulivoimasta ei synny päästöjä ilmaan, veteen tai maahan. Tuulivoima on ympäristöystävällinen tapa tuottaa energiaa, koska voimalat tuottavat sitä ilman polttoainetta. Hiilidioksidipäästöt tuulivoimalla ovat noin 10 grammaa/kilowattitunti, ja ne muodostuvat pääosin tuulivoiman rakentamisesta, kuljettamisesta ja huollosta. Positiivista on, että energiantuotanto tuulivoimalla vähentää hiilidioksidi- ja hiukaspäästöjä. Päästöjen vähenemismäärä riippuu siitä, mitä sähköntuotantoa tuulivoimalla korvataan. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Maisemavaikutus on tuulivoiman suurin ympäristövaikutus, ja se aiheutuu voimaloiden suuresta koosta. Tuulivoimalat näkyvät kauas eivätkä maastoudu muuhun ympäristöön. Jos voimalaitosten maisemavaikutuksia halutaan vähentää, voidaan laitokset sijoittaa merelle, mahdollisimman vähän näkyvälle paikalle tai sellaiseen paikkaan, jossa on ennestään saman kokoluokan rakennuksia (voimalaitoksia tai tehdasrakennuksia). Näkyvyyden heikentämiseksi laitoksissa käytetään yleensä myös mattapintaisia pintamateriaaleja. (Sähköntuotanto, tuulivoima 2011.)

Voimalan lapojen pyörimisestä syntyy varjon vilkkuminen, joka voidaan havaita tuulivoimalan lähialueella. Kyseinen vaikutus syntyy vain tiettyinä vuorokauden aikoina, ja vaikutusalue muuttuu auringonradan muuttuessa vuoden aikana. Tuulivoimala tulee sijoittaa tarpeeksi etäälle lähimmästä asuinrakennuksesta, sillä siitä syntyy lisäksi jonkin verran melua mekaanisten osien liikkeestä ja lapojen aerodynaamisesta äänestä. Koneistoääni nykyajan voimalaitoksissa on vähäistä, kun taas aerodynaamisen äänen voimakkuus vaihtelee tuulen nopeuden, roottorin koon, pyörimisnopeuden ja lavan (erityisesti kärjen ja jättöreunan) muotoilun mukaan. Kun tuulen nopeus on 8 m/s, yksittäinen voimalaitos ylittää taajamien meluohjearvon (40 dB) 200–300 metrin etäisyydellä (Sähköntuotanto, tuulivoima 2011). (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Voimalaitos ei vaikuta sitä ympäröivään kasvillisuuteen, mutta eläimistöön sillä on vaikutuksia. Niistä isoin vaikutus voimalan käytönaikana kohdistuu linnustoon. Käyntiään ja lapojen liike saattavat vaikuttaa lintujen pesintään ja ravinnon etsintään. Vähemmässä määrin voimalaitokset aiheuttavat linnuille törmäysriskin. On tehty arvio, että yksi voimala vuosittain aiheuttaa noin yhden linnun kuoleman Suomessa. Tähän riskiin vaikuttaa erityisesti tuulivoimalan sijoituspaikka. Esimerkiksi merituulivoimalaitosten linnustovaikutukset on todettu hyvin vähäisiksi tehdyissä tutkimuksissa (Sähköntuotanto, tuulivoima 2011).

Vedenalaiset vaikutukset tuulivoimaloilla ovat verrattavissa muihin ruoppausta vaativien rakennelmien vaikutuksiin. Merituulivoimaloiden vedenalaiset ympäristövaikutukset ovat hydrologiaan ja sedimentin kuljetukseen liittyviä sekä meren luontotyyppeihin ja pohjavesiyhteisön paikallaan pysyviin ja liikkuviin lajeihin liitettäviä vaikutuksia. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Tuulivoiman rakentamisesta ei saa mielellään aiheutua vaikutuksia valtakunnallisesti merkittäviin kulttuurihistoriallisiin ympäristöihin. Suunnittelulla tulee huolehtia siitä, ettei maakunnallisesti ja paikallisesti arvokkaiden kohteiden arvo merkittävästi heikkene tuulivoiman rakentamisen vuoksi. Myös tiedossa olevien muinaismuistojen sijainti täytyy selvittää suunniteltaessa tuulivoimahanketta. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Tuulivoimaloiden vaikutus turvallisuuteen käsittää sellaisen vaaran, jos esimerkiksi voimalasta irtoaa jokin osa tai talvella kovaa lunta tai jäätä. Tällaiseen tilanteeseen riittävänä suojaetäisyytenä pidetään 1,5 x (tornin korkeus + lavan pituus), jos laitoksen läheisyydessä ylipäänsä liikkuu ihmisiä. Voimalaitoksen turvallisuustason ylläpitämiseksi tulee huolehtia laitoksen säännöllisestä huollosta ja kunnossapidosta laitevalmistajien tms. ohjeiden mukaan. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Tuulivoiman vaikutusta elinkeinoon on myös hyvä tarkastella. Suomessa tunturi-alueilla on varteen otettavia kohteita tuulipuistoille, jolloin täytyy tutkia erityisesti vaikutuksia matkailuun ja poronhoitoon. Jos tuulivoimaa rakennetaan merelle, tulee selvittää vaikutukset laivaliikenteelle, ammattikalastukselle ja alueen mukaan

myös matkailuun. Tuulivoimalaitokset merellä pitää sijoittaa riittävän kauas väylistä ja ankkuripaikoista. Näin laivaliikenne ei häiriinny eikä sille aiheudu turvallisuusris-kiä. Lisäksi on otettava huomioon, ettei vesiliikenteelle aiheudu muita häiriöitä, joita voivat olla esimerkiksi majakoiden, loistojen ja merimerkkien näkyvyyden es-tyminen optisesti tai tutkassa. Tuulivoimalan perustusten ja kaapelin laskemisesta voi seurata tilapäistä veden samentumista, joka voi vaikuttaa hetkellisesti ammat-tikalastukseen. Kuitenkin tuulivoimaloiden merenalaiset perustukset voivat lopulta toimia kaloille keinotekoisena elinympäristönä sekä parantaa joidenkin kalalajien elinolosuhteita ja tätä kautta vaikuttaa välillisesti kalastuksen edellytyksiin alueella. Jos tuulivoimaloita sijoitetaan metsäisille alueille (tai osittain metsäisille alueille), tulee metsän raivaus ja harvennus uusia säännöllisin väliajoin, ja silloin on metsä-talouden harjoittajan kanssa päästävä sopimukseen taloudellisista kysymyksistä. Tuulivoimalaitoksien vaikutus matkailuun voi olla myönteinen, kielteinen tai neut-raali. Se riippuu täysin alueesta ja siitä, mitä matkailuelinkeinon tyyppiä harjoite-taan. Voimaloiden vaikutukset veneilyyn ja virkistyskalastukseen ovat melko mer-kityksettömiä. Toisaalta voimalaitokset voivat toimia visuaalisen navigoinnin apu-na, koska ne näkyvät melko kauas ja ne voivat myös houkuttaa kävijöitä alueelle. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Lentoliikenteeseen tuulivoimaloilla ei ole käytännön vaikutusta, mutta lentoturvalli-suussyistä voimalat tulee kuitenkin merkitä. Monissa hankkeissa merkintätavaksi riittää staattinen matalaintensiteettinen lentoestevalo. Tuulivoimalat, jotka ovat yli 45 metriä korkeita, tulee merkitä vähintään lentoestovalolla konehuoneen päällä. Voimaloiden, jotka sijaitsevat yli 10 kilometrin päässä lentoasemasta, merkintäraja on 70 metriä. Merkintävaatimukset ovat paljon tiukempia yli 100 metriä korkeilla rakenteilla. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

4.1.2 Sähköverkkovaikutukset

Sähköverkkoon kuuluvat tuottajat ja kuluttajat vaikuttavat jokainen osaltaan säh-kön laatuun. Sähkö on laadultaan hyvää, jos se on katkotonta sekä amplitudiltaan (värähdyslaajuus) ja taajuudeltaan tasaista, sinimuotoista sähköä, jonka jänniteta-so on sopiva. Yleisesti tilanne on niin päin, että tuottajat nostavat jännitettä ja ku-

luttajat laskevat sitä. Verkon jännitteeseen aiheutuu vaihteluita tuulivoiman tuotannon vaihteluista. Siihen voi olla syynä tuulen puuskaisuus, jolloin jännitevaihtelut ovat melko hitaita. Kun voimala käynnistetään ja pysäytetään, näkyy se jännitteessä lähinnä jännitetason muutoksena. Voimalan lavat tuottavat enemmän ollessaan yläasennossa kuin ala-asennossa, ja sen vuoksi heikossa verkossa voi jännitteestä mittaamalla erottaa säännöllisesti toistuvia, nopeita vaihteluita. Tällaiset jännitevaihtelut ja -tasomuutokset ovat suurimmat voimalan läheisyydessä ja pienenevät sähköasemaan päin mentäessä. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Lähtökohtaisesti jakeluverkot on suunniteltu sähkön yksisuuntaiselle siirrolle, joka tapahtuu yleensä sähköasemalta kuluttajalle päin. Jos yksittäisiä tuulivoimaloita tai pieni tuulipuisto liitetään tällaiseen verkkoon, tulee varmistaa, että jännite pysyy edelleen sallituissa rajoissa joka puolella ja että verkon suojaus toimii oikealla tavalla. Tuulivoimala kytkeytyy automaattisesti irti verkosta ja lopettaa tuotantonsa, kun tulee verkkovika. Tämä tapahtuu siksi, ettei se estäisi valokaarivian sammumista tai jäisi yksinään syöttämään eristettyä verkonosaa. Tällainen vaarantaisi verkon turvallisen paluun normaalitilaan. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Siirrettäessä sähköä sähköverkossa se synnyttää virran neliöön verrannollista tehonhäviötä. Sähkökuluttajia lähellä sijaitsevat voimalat pienentävät sähkön siirto-tarvetta ja sitä kautta myös verkon tehonhäviötä. Tämän vuoksi joillakin suomalaisilla verkonhaltijoilla voi olla negatiivinen energianmaksu arkipäivisin tai ehkä jopa ajasta ja päivästä riippumatta. Silloin verkonhaltija joutuu maksamaan tuulivoiman tuottajalle. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

4.1.3 Yhteiskuntavaikutukset

Tuulivoima lisää maan energiaomavaraisuutta ja sähkön toimitusvarmuutta. Lisäksi sillä on suuri työllistävä vaikutus yhteiskunnassa. Tuulivoima on kasvava teollisuuden ala, ja se työllisti suoraan vuonna 2008 EU-maissa yhteensä noin 188 000 henkeä sekä Suomessa noin 3000 henkilöä. Jos tuulivoimateknologiaa kehitetään määrätietoisesti eteenpäin, se voi luoda Suomeen runsaasti uusia ja pysyviä työpaikkoja. Alan työllisyysmahdollisuudet meillä muodostuvat voimaloissa käytettä-

vien komponenttien, materiaalien ja tuulivoimaloiden teollisesta valmistamisesta. Myös Suomessa käytettävän tuulivoimakapasiteetin käyttö- ja kunnossapidolla on työllistävä vaikutus. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

Tuulivoimaloiden komponenttien ja tuulivoimaloissa käytettävien materiaalien toimittamiseen suomalaisella teollisuudella on vankka kokemus. Suomalaiset teollisuusyritykset ovat vastanneet pitkään sellaisten tuulivoimavalmistajien alihankinnoista, jotka ovat maailman laajuisesti johtavassa asemassa. Suomalaiset toimittajat toimittavat generaattoreita, vaihdelaatikoita sekä lapa- ja tornimateriaaleja. Niiden asema tuulivoimamarkkinoilla on erittäin vahva. Tuulivoimalan liikevaihto oli noin 1 miljardi vuonna 2008, josta viennin osuus oli noin 90 %. Viennin osuutta on mahdollista kasvattaa suuremmaksi, jos panostetaan riittävästi tuotekehittämiseen ja markkinointiin. Jos suomalainen teollisuus pystyy valtaamaan maailmanmarkkinaosuuksia 7 %, on arvioitu, että silloin tuulivoimateollisuus voi työllistää Suomessa jopa 30 000 henkilöä vuonna 2020. (Tuulivoiman tietopaketti 2009.)

4.2 Kustannukset

Tuulivoiman investointikustannukset ovat laskeneet koko ajan, koska tuulivoimaa kehitetään jatkuvasti maailmassa. Voimalat ovat kannattavia erityisesti sellaisilla alueilla, joilla tuulen nopeus keskimäärin on tavallista suurempi. Suomessa länsirannikko on ihanteellista tuulivoima-aluetta, ja suurin osa Suomen tuulivoimatehosta tullaan varmasti rakentamaan sinne. (Vuorinen 2009, 20–21.)

Maalle rakennettavissa voimaloissa tuulivoiman investointikustannukset ovat noin 1250 euroa/kilowatti. Jos voimalan huippukäyttöaika on esimerkiksi 2500 tuntia/vuosi, investointikustannuksiksi tulee maalla noin 500 euroa/megawattitunti/ vuosi. Vastaavat kustannukset merivoimalaitoksissa ovat noin 1800 €/kW, mutta käyttöaika on silloin pidempi eli 3000 tuntia/ vuosi. Tässä tapauksessa vuosikustannukset ovat noin 600 €/ MWh/vuosi. (Vuorinen 2009, 21–23.)

Tuulivoiman investoinnin omakustannushinta on samansuuruinen uusien ydinvoimalaitosten kanssa. Näin ajatellen sen investointi myös Suomen oloissa on kan-

nattavaa. Sen rakentamiseen voi saada lisäksi merkittävän investointituen. Tuulivoiman kohdalla pitää kuitenkin huomioida, ettei se riitä yksinään energianlähteeksi, vaan se vaatii paljon varatehoa ja säätövoimaa. Tällaisena varavoimalana voi toimia vesivoimala tai dieselvoimala. (Vuorinen 2009, 20–23.)

Tuulivoiman tuotanto on täysin riippuvainen tuulesta, ja se voi vaihdella nopeastikin. Tuulivoima tuotannon vähetessä se korvataan käynnistämällä säätövoima ja varavoima. Varavoimaa tarvitaan erityisesti tuulivoimalan ylössäädössä, koska alassäätö voidaan helposti toteuttaa tuuliturbiinin lapakulmia muuttamalla. Varavoiman tarve tuulivoimalla on noin 20–30 % sen maksimitehosta. Kun rakennetaan vara- ja säätövoimaa tuulivoimalle, se lisää tuulivoiman kustannuksia noin 2–3 €/MWh. (Vuorinen 2009, 20–23.)

5 TUULIVOIMA SUOMESSA

5.1 Sijoituspaikka

Tuuliolosuhteet, liitynnät sähköverkkoon, rakentamista ja huoltoa tukeva infrastruktuuri sekä rakenteiden perustamisolosuhteet vaikuttavat kaikki tuulivoimaloiden paikan valintaan. Suomessa tuulen nopeus on parhaimmillaan rannikolla, merialueilla ja Lapin tuntureilla. Näistä potentiaalisimpia paikkoja ovat rannikko- ja merialueet. (Tuulivoimaopas 2010.)

Tuulen keskinopeus on merialueilla 7–8 m/s, rannikkoalueilla ja saaristoissa noin 6–7,5 m/s, lapin tuntureilla 7–9,5 m/s ja sisämaassa 4,5–5,5 m/s. Jotta tuulivoimaa voidaan hyödyntää merkittävästi, tulee tuulivoimaloista rakentaa usean yksikön tuulivoimalapuistoja. Siten se on kannattavaa sekä taloudellisesti että ympäristövaikutusten kannalta. (Tuulivoima rakentaminen 2005.)

Riittävän tuulisten alueiden kartoittamiseksi käynnistettiin Tuuliatlas-hanke. Siinä mallinnettiin Suomen tuuliolosuhteita koko maan laajuisesti, ja voimaloita onkin rakennettu tähän asti sellaisille alueille, joissa varmimmin on hyvät tuuliolosuhteet. Lähinnä rannikot ovat olleet näitä alueita. Suomen uusi tuuliatlas valmistui loppuvuodesta 2009. (Tuulivoima rakentaminen 2005.)

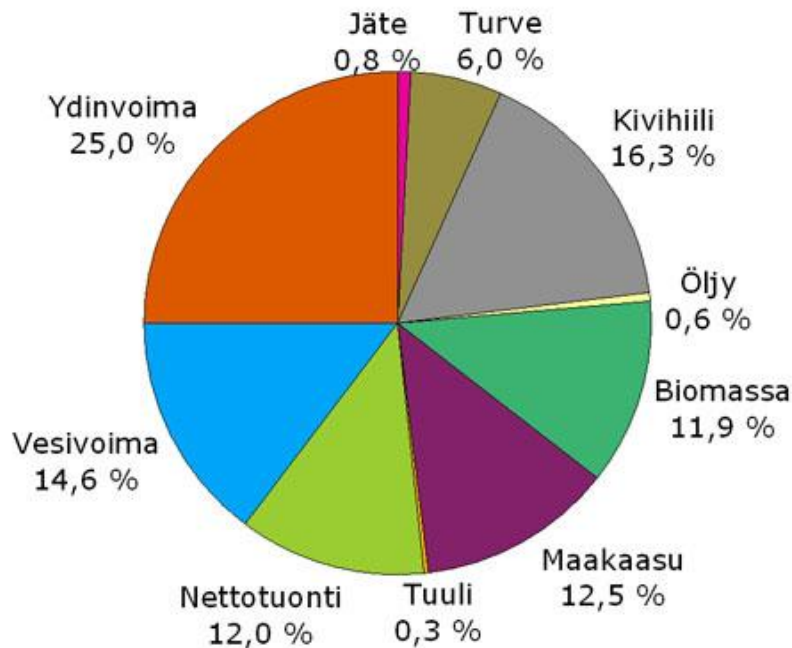
Kun tuulivoimapuisto liitetään sähköverkkoon, sillä on vaikutuksia tuulivoimahankkeen kokonaiskustannuksiin ja tätä kautta tuulivoiman sijoituspaikkaan. Kustannukset ovat suurempia siirtoyhteyksien ollessa pitkiä. Liittäminen voi vaikuttaa laajemmin kuin kunnallisesti ja näin edellyttää muutoksia sähköasemaan tai jopa uuden sähköaseman rakentamista. Jos on kyseessä suurempi tuulivoimapuisto, myös tekniset vaatimukset nousevat ja puistot tulee liittää suoraan kanta- ja alueverkkoon. Suhteellisen pienet tuulivoimapuistot voidaan liittää suoraan jakeluverkkoon. Liitynnän teknisestä toteutustavasta täytyy hankkeesta vastaavan sopia hyvissä ajoin verkonhaltijan kanssa. (Tuulivoimaopas 2010.)

Mikäli tuulivoimahankeen rakennustöitä ja laitosten ylläpitoa palveleva infrastruktuuri on pääosin voimassa hanketta aloitettaessa, se laskee hankkeen kokonaiskustannuksia. Esimerkiksi voimaloiden raskaat osat asettavat vaatimuksensa kuljetukseen käytettävälle tiestölle. Tiessä ei saa olla jyrkkiä mäkiä, ja sen tulee olla kantava. Jos vaatimusten mukainen tiestö on jo olemassa, se vähentää tietenkin hankkeen kustannuksia. Myös rakennuspaikalla on vaikutuksensa voimaloiden perustusrakenteisiin. Hanke on edullisinta ja helpointa toteuttaa perustamisen tapahtuessa kantavalle maalle. (Tuulivoimaopas 2010.)

Tuulivoimaloiden sijoittamisessa on huomioitava useita tekijöitä. Välttämättä tuulisin kohde ei ole aina paras kohde; silloinkin voi nousta esille ongelmia esimerkiksi maankäytössä, asutuksessa, ympäristötekijöissä tai laitosten sijoitteluun liittyvissä kysymyksissä. Lisäksi voimalan sijoittamiselle on saatava yleinen hyväksyntä. Jos kaikkia tuulivoimaloiden paikan valintaan liittyviä tekijöitä ei voida huomioida tasaisesti, on tehtävä kompromisseja vaikuttavien tekijöiden välillä.

5.2 Energian- ja sähköntuotanto tuulivoimalla

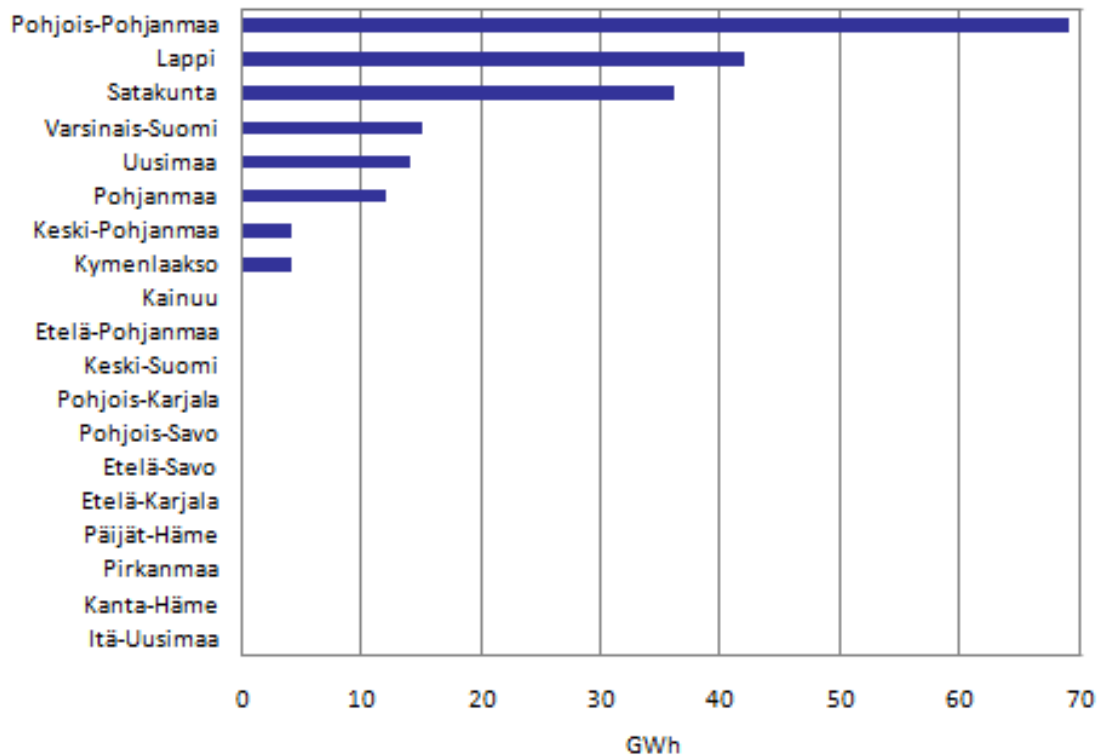
Talvi on parasta aikaa tuottaa energiaa ja sähköä tuulivoimalla Suomessa. Talvi-kuukausien aikana sähköntuotanto tuulivoimalla on keskimäärin kaksinkertainen verrattuna kesäkuukausiin (Tuulivoimarakentaminen 2005, 4.) Vuonna 2009 Suomessa tuulivoimalla tuotettiin energiaa 146 MW, mikä tarkoittaa maailman listalla sijaa 30 (Energiantuotanto 2010). Tuulivoimaopas-palvelun mukaan 5.5.2010 mennessä oli Suomeen rakennettu yhteensä noin 150 MW tuulivoimaa (Tuulivoimaopas 2010). Toukokuussa 2011 Suomen tuulivoimakapasiteetti oli kasvanut jo 197 MW:iin, jolloin tuulivoimaloita oli yhteensä 130 kappaletta (Suomen tuulivoimatilasto 2011). Suomen sähkönkulutuksesta tuulivoimalla tuotetaan vain noin 0,3 prosenttia (KUVIO 7) (Sähköntuotanto 2011). Sen osuus on kuitenkin kasvussa, ja tavoitteena on, että maan tuulivoimakapasiteetti moninkertaistetaan (Tuulivoimaopas 2010).



KUVIO 7. Sähkön hankinta energialähteittäin vuonna 2010 (Sähköntuotanto 2011.)

Suomessa on tuulivoimapotentiaalia tarjolla todella paljon. Esimerkiksi Perämerellä tuulivoimapotentiaali on jopa 40 terawattituntia vuodessa. Se vastaa noin puolta Suomen sähkön kulutuksesta. Yleisesti ottaen meidän on mahdollista kasvattaa tuulivoiman tuotantoa noin 10–25 prosenttia sähkön tarpeesta seuraavan parinkymmenen vuoden aikana. Vesivoiman tuotanto on samaa suuruusluokkaa nykyään. (Tuulessa on voimaa -esite 2001, 7.)

Sähkön tuotantoa tuulivoimalla maakunnittain on kuvattu kuviossa 8. Esimerkiksi Uudenmaan alue tuotti noin 7 % mannermaan sähköstä vuonna 2008. Samana vuonna Pohjanmaalla ja Keski-Pohjanmaalla tuotettiin yhteensä noin 8 % mannermaan tuulisähköstä. Keski-Pohjanmaalla sähköntuotanto tuulienergialla alkoi vuonna 2003. Pohjois-Pohjanmaan osuus kyseisestä sähköntuotannosta oli jopa 35 % vuonna 2008. Sillä alueella oli tuohon mennessä tuotettu eniten tuulisähköä kautta maan. Sähkön tuotanto tuulienergialla nousi Lapissa jopa kolminkertaiseksi samana vuonna. Tuotanto oli ollut vain vähäistä sillä alueella aina vuoteen 2007 asti. Lisäksi Ahvenanmaan osuus oli 24 % Suomen tuulivoimalla tuotetusta sähköstä vuonna 2008. (Ympäristö.fi 2010.)



KUVIO 8. Sähkön tuotanto tuulivoimalla Suomessa alueittain vuonna 2008 (Ympäristö.fi 2010.)

5.3 Tulevaisuudennäkymät

Suomen hallitus on linjannut ilmasto- ja energiastrategiassa kuuden terawattitunnin tavoitteen tuulivoimalla tuotetulle sähkölle vuonna 2020. Se edellyttää, että kapasiteettia kasvatetaan yli 2000 MW. Silloin tuulivoiman osuus kasvaisi noin 6–7 prosenttiin sähkön kokonaishankinnasta. (Tuulivoimaopas 2011.)

Tuulivoimahankkeita on valmisteilla ja suunnitteilla Suomessa paljon. Maalle niistä on suunniteltu 2900–5000 MW ja merelle 3000–4800 MW, eli Suomessa merituu-lipotentiali on todella suuri. (Tuulivoima Suomessa ja maailmalla 2011.) Ahvenanmaalla ja Varsinais-Suomen saaristossa ovat Suomen parhaimmat tuuliolosuhteet, kun mennään kohti itää ja pohjoista, tuuliolosuhteet heikkenevät vähitellen (Huhtinen ym. 2008, 280–281). Jotta suunnitelluissa hankkeissa päästään tavoitteisiin, se vaatii laajaa rakentamista. Lisäksi haasteina niiden rakentamisessa ovat suunnittelun tuotantoarviot, lupien ympäristövaikutukset ja tutkavaikutukset (mai-

sema) sekä rakentamisen ja käytön aikana jäätymiseen varautuminen tietyillä sijoituspaikoilla. (Tuulivoima Suomessa ja maailmalla 2011.)

Pieniä tuulivoimaloita rakennetaan usein kesämökkikäyttöön ja vapaa-ajan asuntoja varten (Tuulessa on voimaa -esite 2001, 9). Tietenkin niillä tuotettu energian määrä jää pienemmäksi kuin isomman voimalan tuotto (Vuorinen 2009, 24). Asutuksen läheisyyteen sijoitettuna niiden näkyvyys on kuitenkin maisemallisesti suurempi verrattuna energian määrään. Pienimuotoisten tuulivoimaloiden rakentamisesta tuleekin ensin keskustella naapureiden kanssa ja hankkia asianmukainen rakennuslupa. (Tuulessa on voimaa -esite 2001, 9.) Pienvoimala on teholtaan noin 30 wattia, ja sillä voi ladata kesämökin akkuja. Koska tuulivoima toimii vuoden ympäri, saadaan siitä kokonaisvaltaista ja jatkuvaa hyötyä verrattuna esimerkiksi aurinkokennoihin. Tuulienergian pystyy muuttamaan talvella vaikka lämmityssähköksi ja poistamaan sillä huoneiden kosteutta. (Vuorinen 2009, 24.)

Vaikka tuulivoiman lisääminen yksityiskäytössä tuottaa vain pieniä määriä energiaa, se on silti lähes päästötöntä energiaa, ja sitä kautta ihmiset voivat olla mukana vähentämässä kasvihuonekaasupäästöjä. Tällainen positiivinen suhtautuminen tuulivoimaan vahvistaa sen asemaa energiantuottajana myös suuremmassa mittakaavassa.

5.4 Tuulivoima-alan yrityksiä

ABB Motors valmistaa tuulivoimaloiden generaattoreita ja on alallaan maailman markkinajohtaja. Moventas-yhtiöllä on suuri markkinaosuus maailmalla voimaloiden vaihteistoissa. (Kaikki ilmaston muutoksesta 2011.) Winwind Oy valmistaa ainoana yhtiönä kokonaisia tuulivoimaloita Suomessa, ja sen toimittamien tuulivoimaloiden kotimaisuusaste on 80 %. Yhtiön tuulivoimalat kootaan Iin Raasakassa. (Tuulessa on voimaa 2003.)

Kyseinen yhtiö valmistaa ja toimittaa yhden ja kolmen megawatin tuulivoimaloita. Niiden toiminta perustuu keskinopeaan kierrosteknologiaan. Voimaloiden valmistamisen lisäksi se huolehtii laitosten käyttöönotosta ja huollosta. Winwind Oy on

perustettu vuonna 2000, ja se työllistää maailmanlaajuisesti yli 8000 työntekijää. Yhtiön tuulivoimalat tuottavat energiaa Suomen lisäksi Ruotsissa, Virossa, Ranskassa, Portugalissa, Tšekissä ja Intiassa Winwind Oy on toimittanut vuonna 2003 muun muassa kaksi tuulivoimalaa Kokkolan syväsatamaan ja kolme laitosta Oulunsalon Riutunkariin (Tuulessa on voimaa 2003). (Tiedotteet 2011.)

6 TUULIVOIMA KOKKOLASSA

6.1 Nykyiset tuulivoimalat

Kokkolan edustalla on kaksi yhden megawatin voimalaa, jotka sijaitsevat Ykspihlajan syväsatamassa. Ne otettiin käyttöön toukokuussa 2003. Tuulivoimalaitosyhtiöt ovat Pohjolan Voiman tytäryhtiön PVO-Innopower Oy:n omistuksessa. (Kokkola 2003.)

Kokkolan voimalat ovat maarakenteita merellä. Ne on perustettu satama-alueen penkereelle valettavan anturan varaan. Anturan halkaisija on 16 metriä, ja paksuutta sillä on 1,40 metriä. Tuulivoimaloiden perusratkaisut valitaan aina jokaisessa kohteessa vallitsevien olosuhteiden mukaan. Kokkolan voimaloiden perustusten jälkeen pystytettiin voimalatornit. Voimaloiden napakorkeus on 70 metriä (Kaavaluonnos 2011, 27). Kustannukset näiden kahden voimalan rakenteista ja laitteista olivat runsaat 2 miljoonaa euroa, joka oli noin 80 % hankkeen kokonaiskustannuksista. (Tompuri 2002.)

6.2 Tuulivoima-alueen vaiheyleiskaava

6.2.1 Esittely

Jotta tuulivoimarakentaminen voidaan mahdollistaa, EPV Tuulivoima Oy ja PVO-Innopower Oy ovat tehneet aloitteen Kokkolan kaupungille kaavoitustyön käynnistämisestä. Kaupunki on päättänyt 19.4.2010 käynnistää tuulivoima-alueen vaiheyleiskaavan laatimisen Kokkolan suurteollisuusalueen maa-alueelle ja pieniltä osin teollisuusalueen vesialueille, eli suunnittelualue kattaa sekä maa- että merialuetta (KUVIO 9). Tälle alueelle on tavoitteena toteuttaa seitsemän tuulivoiman alue. On arvioitu, että siitä saatava sähköntuotanto olisi noin 21–35 MW. Voimalat sijoittuvat Pommisaaren penkereelle (2 kpl), Pommisaaren ja mantereen väliselle alueelle (1 kpl), jäteveden puhdistamon länsipuolelle (1 kpl) ja Hopeankivenlahdentien itäpuolelle Outukummuntien pohjoispuolelle muodostuvalle alueelle (3

kpl). Nykyiset kaksi tuulivoimalaa sijaitsevat jo tällä kaava-alueella, ja sen eteläpuolella kaksi jo luvitettua tuulivoimalaa. (Kaavaluonnos 2011, 1).



KUVIO 9. Suunnitellun tuulivoima-alueen sijainti Kokkolassa (Kaavaluonnos 2011, 1.)

Kaavan virallinen nimi on Kokkolan suurteollisuusalueen tuulivoima-alueen vaiheleiskaava. Maankäyttö ja rakennuslaki (MRL) toimivat sen laatimisen pohjana. Suunnittelun tarkoituksena on luoda mahdollisuus tuulivoimaloiden rakentamiselle Kokkolan suurteollisuusalueelle sekä sovittaa yhteen alueen muut toiminnot ja tuulivoimatuotanto. Vaiheleiskaavan laatimisen yhteydessä on tehty myös useita selvityksiä ja tutkimuksia. Niitä ovat tuulivoimaloiden sijoituspaikkojen, sähkönsiirtoireittien, niiden ympäristön ja maiseman tarkastelut sekä tuulivoimaloiden me-

luserveys. Lisäksi on tutkittu Kokkolan Ykspihlajan tuulivoima-alueen vaikutuksia syksyllä muuttaviin ja lähiseudun pesiviin lintuihin. (Kaavaluonnos 2011, 1–2, 12.)

Yleiskaavaan osallisilla on oikeus osallistua kaavan valmisteluun, tehdä arvioita sen vaikutuksista, tuoda julki mielipiteitä kaavasta ja antaa lausuntoja. Osalliset on määritellyt Maankäyttö- ja rakennuslaissa (62 §). Sen mukaan osallisia ovat ne, joiden asumiseen, työntekoon tai muihin oloihin kaava saattaa huomattavasti vaikuttaa. Sellaisia ovat kaikki kaupunkilaiset, joita asia koskee, sekä kaava-alueen ja siihen rajoittuvien alueiden maanomistajat ja loma-asukkaat. Osallisiksi on määritetty myös viranomaiset ja yhteisöt, joiden toimialaa suunnittelussa käsitellään. Niitä ovat Kokkolan kaupungin eri hallintokunnat ja luottamuselimet. (Kaavaluonnos 2011, 12–13.)

Vaiheyleiskaava on rajattu niin, että se koskee lähinnä tuulivoimaloiden aluetta, mutta kaava-alue muodostaa kuitenkin yhtenäisen kokonaisuuden suurteollisuusalueen pohjoisreunalla. Alue rajautuu sen länsipuolelta vesialueeseen. Sitä rajavat myös suojelualue ja kaupungin jätteenkäsittelyalue sekä itäpuolelta suojaviheralue. Osoitetut sähkölinjan yhteystarpeet voimaloiden välillä yhdistävät myös kokonaisuutta. (Kaavaluonnos 2011, 15.)

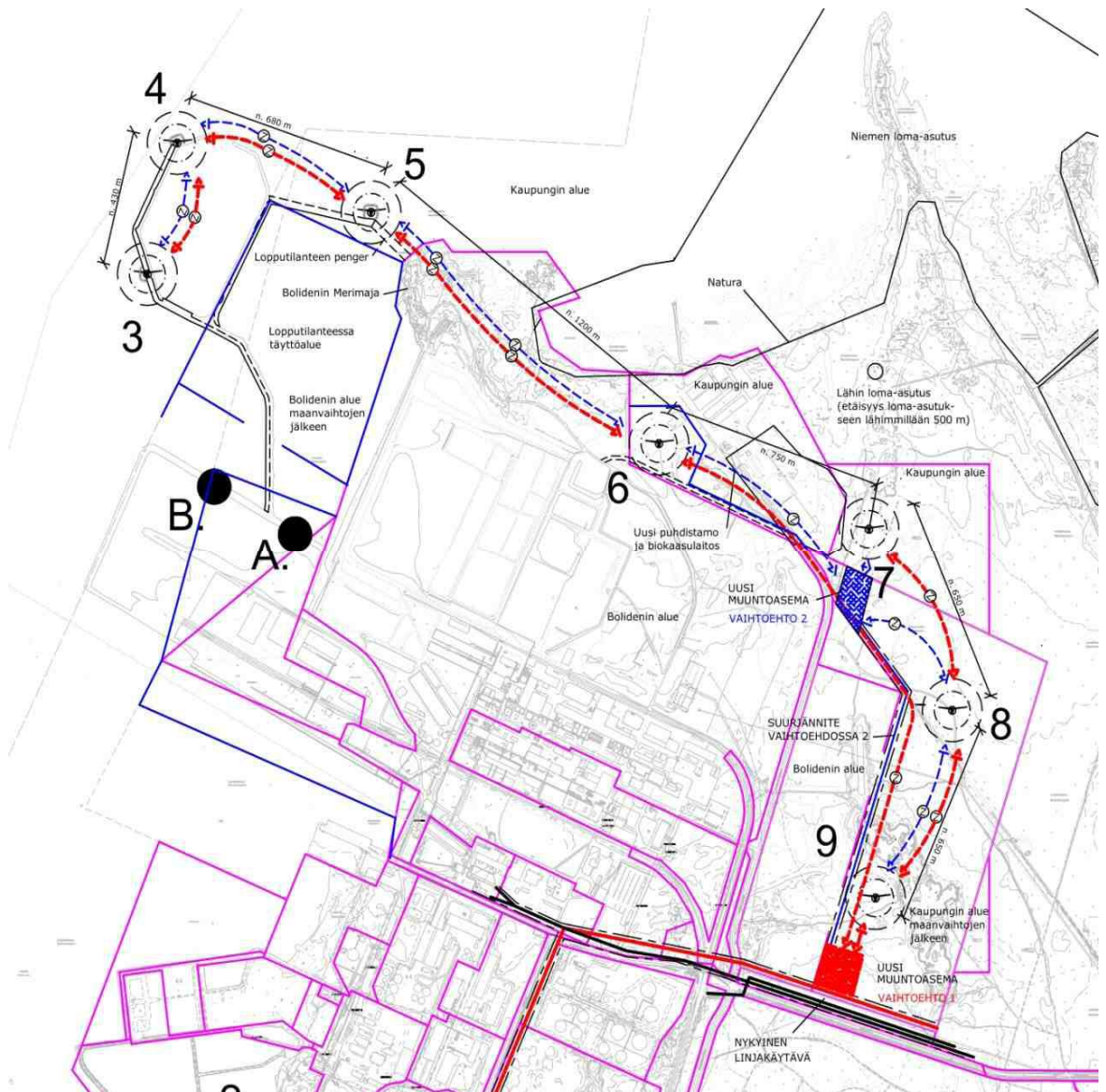
Alueelle, jolle sijoittuu tuulivoimaloita, on vaiheyleiskaavassa määrätty tuulivoimatuotannon maksimiteho. Jokaisella alueella tätä arvoa voidaan kuitenkin vielä nostaa korkeintaan 20 %. Kaava-alueen tuulivoimatuotannon kokonaisteho ei saa ylittää 29,9 MW. (Kaavaluonnos 2011, 15.)

Kaavaluonnos on laadittu niin, että se vaikuttaa mahdollisimman vähän teollisuusalueen maankäyttöön, virkistykseen, loma-asutukseen, luontoon ja linnustoon. Esimerkiksi lähimmillään voimalaitokset sijoittuvat noin 500 metrin päähän Harriemen metsässä sijaitsevasta loma-asutuksesta. Yleisesti loma-asutus on vähintään noin kilometrin etäisyydellä ja pysyvä asutus yli 1,4 kilometrin etäisyydellä, jossa on välissä puustoista metsämaastoa. Voimaloiden sijoituspaikkojen ulkopuolelle jäävät tietenkin Natura- ja luonnonsuojelualueet. (Kaavaluonnos 2011, 15.)

Kokonaispinta-ala kaava-alueelle on 2,4 km². Alueelle on tiettyjä mitoitusperusteita, joita ovat tuulivoimaloiden välisen etäisyyden säilyttäminen vähintään 650 metrissä, vähintään 500 metrin minimietäisyys asutukseen ja loma-asutukseen sekä maisema- ja linnustovaikutukset. (Kaavaluonnos 2011, 16.)

Kuviossa 10 on kuvattu yksittäisten tuulivoimaloiden sijoituspaikat sekä voimaloiden sijoittuminen kokonaisuudessaan yleiskaava-alueella. Voimalat 1 ja 2 jäävät kaava-alueen ulkopuolelle, ja voimalat A ja B ovat olemassa olevat voimalat. Itäosan musta raja on Natura-alueita.

Natura 2000-alueiden verkostolla on tarkoitus suojella Euroopan unionissa tärkeitä luontotyyppisiä ja lajeja. Sen tavoitteena on säilyttää luonnon monimuotoisuus. Suomessa Natura-alueita ovat pääasiassa luonnonsuojelualueet, erämaa-alueet ja suojeluohjelmien kohteet. Lisäksi Natura-verkostolla halutaan suojella sellaista luontoa, joka on aiemmin ollut suojeltu. Niitä alueita ovat esimerkiksi saariston ja rannikon vedenalainen luonto, järvet, suuret joet, pienvedet, kalliot ja kulttuuriympäristöt. Natura-alueiden suojelun perustana ovat lainsäädäntö (luonnonsuojelu- ja erämaalakien lisäksi metsä-, vesi-, ulkoilu-, rakennus- ja maa-aineslaki), hallinnolliset määräykset ja vapaaehtoiset sopimukset. Näillä alueilla sallitaan kuitenkin sellainen toiminta, joka ei ole uhaksi suojeltaville luontoarvoille. (Natura 2000-alueet 2010.)



KUVIO 10. Tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelma kaava-alueella 1.12.2010 (Kaava-luonnos 2011, 14.)

Edellisestä kuviosta nähdään, että voimalat 3 ja 4 sijoittuvat Pommisaaren penkereelle sekä voimala 5 sijoittuu Pommisaaren ja mantereen väliselle vesialueelle. Pommisaarelle on kerätty sota-aikaista räjähdemateriaalia, kun sataman laivaväylää on syvennetty. Liikenneviraston velvoitteeseen täyttää Pommisaari vuoteen 2013 mennessä on haettu lykkäystä. Se, että tuulivoimalat sijoitetaan Pommisaaren pääosin olemassa olevalle penkereelle, yksinkertaistaa voimaloiden perustustöitä. Pengertä on kuitenkin levennettävä kuljetuksia varten ja perustuskohtia levennettävä. Lisäksi täytyy rakentaa keinosaaari ja sinne uusia pengertie kulkutiek-

si tuulivoimalalle, koska perustaminen tapahtuu vesialueelle. Vesialue voimalan 5 kohdalla kuuluu Kokkolan kaupungille ja Pommisaaren alue valtiolle. (Kaavaluonnos 2011, 17.)

Jätevesialueen länsipuolella sijaitsee voimala 6. Alue on lähellä puutarhajätteiden vastaanottoa. Voimalan sijoittamisesta ei saa aiheutua näille toiminnoille häiriöitä. Kyseinen alue on harvapuustoista ja avointa rantatausta-alueita. Molempien voimaloiden 6 ja 7 alueet kuuluvat Kokkolan kaupungin omistukseen. Voimala 7 sijaitsee Hopeankivenlahdentien mutkasta pohjoiseen päin lähtevän soratien lähetyksellä. Lähelle on rakenteilla uusi jätevedenpuhdistamo, jonka itäpuolella tämä voimalaitos sijaitsee. Alue on hiekkapohjaista, jossa kasvaa paljon mäntyjä. Voimalaitos 8:n sijoitusalue kuuluu myös Kokkolan kaupungille. Se sijoittuu jätevedenpuhdistamolle menevän sähkölinjan itäpuolelle soratien varteen. Alue on hiekkakangasta ja siellä kasvaa paljon havupuita. Noin 100 metrin päästä alueen itäpuolta kulkee Santahaka-Harriniemen ulkoilureitti ja kauempana itäpuolella hiihtoreittejä. Alueella olevien sora- ja kiviainesten välittömään läheisyyteen sijoittuu voimalaitos 9, joka on Mäntykangasta. (Kaavaluonnos 2011, 17–19.)

Tuulivoimaloiden muuntoasemille on suunnitelmassa kaksi vaihtoehtoista sijoituspaikkaa eli jakeluverkkoon liittymisen vaihtoehtoa. Outokummuntien pohjoispuolella sijaitsee vaihtoehto 1, joka on nykyisen linjakäytävän läheisyydessä. Tätä linjakäytävää joudutaan ehkä leventämään, sillä tarvittava siirtolinja ei välttämättä mahdu siihen. Toinen vaihtoehto on uuden jätevedenpuhdistamon kaakkoispuolella, ja se on lähellä voimalaitos 7:ää. Suunnitelmassa jakeluverkkoon liittymisestä on esitetty myös maanalaisen yhdyskäytävän yhteystarpeet voimaloiden liittämiseksi toisiinsa. Niistä on vaihtoehtolinjaukset muuntoasemavaihtoehtojen mukaan. Muuntoaseman vaihtoehto 1:n tilanteessa voidaan muuntoasemalta liittyä melkein suoraan nykyiseen linjakäytävään ja muuntoaseman vaihtoehto 2:n tilanteessa muuntoasemalta liittyminen nykyiseen linjakäytävään voidaan tehdä uudella suurjännitelinjakäytävällä. Suunnitelmaan merkattu linjakäytävä kulkee Outokummuntien vartta ja ylittää sen. Sama linjakäytävä jatkaa Kemirantien itäreunaa kääntyen itään kohti Kokkolan Voiman aluetta. (Kaavaluonnos 2011, 19.)

6.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi

Aiemmin mainittuja, vaiheyleiskaavan laatimisen yhteydessä suoritettavia selvityksiä ja tutkimuksia, on käytetty hyödyksi ympäristövaikutusten arvioinnissa. Arvioinnissa on tutkittu vaikutuksia ihmisten elinoloihin, elinympäristöön, maa- ja kallioperään, veteen, ilmaan, ilmastoon, kasvi- ja eläinlajeihin, luonnon monimuotoisuuteen, luonnonvaroihin, alue- ja yhdyskuntarakenteeseen, yhdyskunta- sekä energiatalouteen, liikenteeseen, kaupunkikuvaan, maisemaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön. Näiden lisäksi vaiheyleiskaavaan on kuvattu vaikutuksia Natura-alueisiin ja valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteutumista. (Kaavaluonnos 2011, 20.)

Tuulivoima-alueen kaavoitus on tehty pääosin teollisuus- ja satama-alueelle, mikä on otettu huomioon vaikutuksia arvioitaessa. Ihmisten viihtyvyyteen ja elinoloihin vaikuttavia asioita syntyy sekä tuulivoimalan käytön että rakentamisen aikana. Nii-tä ovat muun muassa maisemavaikutukset, vilkkuminen ja meluhaitat. Meluhaittoja syntyy voimalan käytöstä ja rakentamisen aikana komponenttien kuljetuksesta, asentamisesta, perustan peittämisestä sekä sähköjohtojen ja kaapelien vetämisestä. (Kaavaluonnos 2011, 20–21.)

Voimaloilla on vaikutusta lähiympäristön melutasoon ja äänimaisemaan. Vaikutussäde on kuitenkin riippuvainen valittavasta voimalaitosyksikön tyypistä, koosta ja sääolosuhteista. Vaikutussäde vaihtelee eri sääolosuhteissa aina muutamasta sadasta metristä yli kilometrin pituiseen matkaan. Se, kuinka merkittävänä tuulivoimalan äänet havaitaan, riippuu suuresti vallitsevasta hiljaisuudesta tai taustaäänistä. Mahdollisia taustaääniä voivat olla tuulen humina puissa, meren kohina, teollisuuden äänet tai liikenne. Voimalasta lähtevä ääni on laajakaistaista kohinaa, joka voimistuu ja heikentyy jaksollisesti. Äänen aiheuttaa roottorin lapojen liikkuminen ilman läpi. Voimalan äänen havaitseminen riippuu suuresti myös äänen taajuusjakaumasta, ja sitä kautta havaintopaikalla on merkitystä. On todettu, että voimalaitoksen melu on häiritsevää alhaisemmilla äänitasoilla kuin liikenteen melu. Kun tuulivoimalaitos tuottaa ääntä yli 40–45 dB, melun häiritsevyys kasvaa tehtyjen ruotsalaistutkimusten mukaan. Lisäksi voimaloiden maisemallinen näkyvyys ja

kuulijan yleinen asenne tuulivoimaa kohtaan vaikuttavat melun häiritsevyyteen. (Kaavaluonnos 2011, 21–22.)

Kokkolan tuulivoima-alueella on tehty melumallinnukset 100 metrin ja 125 metrin napakorkeudella 108 dB:n lähtötehotasolla. Taajama-alueen loma-asutuksen yöaikainen melutaso ohjearvo on 50 dB, ja mallinnuksen laskennallinen melutaso pohjoispuolella olevien lähimpien loma-asuntojen kohdalla on noin 40–45 dB. Eli melutaso alittaa ohjearvon. Laskennallisia melutasoja ei voi erottaa kaikissa sääolosuhteissa, sillä teollisuusalueen melu peittää välillä voimaloiden äänet alleen. (Kaavaluonnos 2011, 22.)

Kun auringonsäteet suuntautuvat roottorin lapojen läpi tiettyyn katselupisteeseen, voimaloista voi syntyä varjostusvaikutusta niiden lähiympäristöön. Kokkolan suurteollisuusalueella voimaloiden varjostusvaikutus yltää noin 100–500 metrin päähän. Varjostusvaikutus on kaikkein pisimmillään voimaloista katsottuna kaakkoon ja lounaaseen päin, koska pisin varjo syntyy aina voimalan nousu- ja laskusuunnan vastakkaiselle puolelle. Kokkolan jätevedenpuhdistamon tuulivoimalat voivat aiheuttaa lievää varjostusvaikutusta Harriniemen metsäalueelle ja sielläkin vain sille loma-asutukselle, joka sijaitsee lähimmillään noin 500 metrin päässä. Pääosin teollisuusalue ja itäpuolen asumaton metsäalue tulevat kokemaan varjostusvaikutuksia Kokkolaan suunnitelluista tuulivoimaloista. (Kaavaluonnos 2011, 22.)

Tuulivoimaloista ei aiheudu liikkumisrajoituksia kuin ehkä rakentamisen aikana, ja niiden vaikutukset alueen virkistystoimiin katsotaan olevan vähäiset, sillä alue on jo nyt hyvin pitkälle teknistynyt. Voimalat, jotka rakennetaan merialueelle, voivat aiheuttaa lievää vaikutusta kalastukseen ja virkistyskalastukseen. Kyseisellä hankkeella on kuitenkin ehdottomasti sekä välillinen että välitön työllistävä vaikutus. Myös tuloverot ja esimerkiksi kiinteistöverojen tuotot vaikuttavat positiivisesti kunnan talouteen. Jos hanke etenee myönteisessä mielessä, se saattaa houkutella kaupunkiin ja etenkin suurteollisuusalueelle muutakin kuin tuulivoimatuotantoon liittyvää elinkeinotoimintaa. Lisäksi esimerkiksi matkailussa tuulivoimatuotantoa pystytään käyttämään hyvänä vetovoimatekijänä. (Kaavaluonnos 2011, 22–23.)

Sähkön tuottaminen tuulivoimalla ei toimintavaiheessa tuota ilmastonmuutosta kiihdyttäviä kasvihuonekaasupäästöjä. Tuulivoimahanke vaikuttaa positiivisesti ilmastonmuutokseen. Voimaloiden perustuksen rakentamisen aikana saattaa aiheutua vaikutuksia maa- ja kallioperään sekä veteen, mutta maalle rakentamisen vaikutuksia voi verrata normaaliin rakentamiseen. Vesialueelle rakentamisella voi olla hetkellisiä vaikutuksia veden laatuun ja veden pohjaan. Pohjan ruoppaamisella on suora vaikutus veden samentumiseen ja samentumisen määrään, joka on riippuvainen veden hetkellisistä virtauksista. Nämä taas vaikuttavat meren pohjan laatuun. (Kaavaluonnos 2011, 23.)

Perustuksen muokkaustyöt, muokkaustöistä aiheutuva melu, maanpinnan muokkaantuminen ja vesialueen samentuminen ovat tuulivoimarakentamisen vaikutuksia, jotka kohdistuvat kasvi- ja eläinlajeihin. Eläinlajeja ajatellen vaikutukset kohdistuvat lähinnä liito-oraviin ja lepakoihin, joita on alueen lähitiellä. Suunniteltu tuulivoima-alue ja sen lähiympäristö eivät ole sopivaa elinympäristöä liito-oraville. Voimaloiden vaikutus yleisesti lintuihin on selvitysten perusteella vähäinen, vaikka törmäysriski on olemassa. Esimerkiksi laulujoutsen ja merikotka ovat sellaisia lajeja, joiden muuttoreitti kulkee suunnittelualueen kautta ja vielä riskikorkeudella, joten tuulivoimaloiden vaikutus näihin lintulajeihin on merkittävämpi. Hankkeen voimaloiden sijoitus on yritetty tehdä niin, että alueen läpi lentäville linnuille jää riittävästi aikaa reagoida esteisiin. (Kaavaluonnos 2011, 23–24.)

Kun tuulivoimahanke toteutuu, kasvatetaan sillä uusiutuvan energian tuotantoa Kokkolassa ja samalla koko maassa. Tuulivoima-alueen sijoitus Kokkolan teollisuus- ja satama-alueelle ei yleisesti ottaen ole ristiriidassa alueen muun maankäytön ja siihen liittyvien suunnitelmien kanssa. Vain yksi voimala, joka sijoittuu jätevedenpuhdistamon länsipuolelle, sijoittuu jätevedenpuhdistamon ja jätteen käsittelyn alueelle. Kyseinen voimala voidaan kuitenkin sijoittaa niin, että se ei häiritse alueen toimintoja. Lisäksi tuulivoima-alueen nykyisten toimintojen mahdolliset laajenemiset on yritetty huomioida etukäteen voimalasijoittelussa. Tuulivoimaloita on mahdollista siirtää tulevaisuudessa, jos alueelle tullaan suunnittelemaan muita merkittäviä hankkeita. Näiden asioiden pohjalta tuulivoima-alueen vaikutukset teollisuusalueen maankäyttöön ovat melko vähäisiä. (Kaavaluonnos 2011, 25.)

Tuulivoimalan maisema- ja estevaikutus syntyy sen perustuksesta, rungosta ja lapojen pyyhkäisyypinta-alasta. Näihin asioihin vaikuttavat voimalatyypin, voimaloiden asettelu ja maaston muodot. Mainitut vaikutukset vaikuttavat eniten lähellä asutusta, herkillä alueilla (luonnonsuojelualueet) sekä arvokkailla maisema-alueilla. Koska hankkeen tuulivoimalat sijoitetaan teollisuusalueelle, se vähentää huomattavasti niiden maisemavaikutusta. Tuulivoima-alueella eniten maisemavaikutusta syntyy voimaloiden lähiympäristöön yhden kilometrin sektorille. Tällä säteellä löytyy muun muassa loma-asutusta, jonne voimaloiden näkyvyys estyy hyvin tiheiden metsien ja puuston ansiosta. Lisäksi sektorilla on Sannanrannan ja Rummelön huvilasutusalueet, Kokkolan asuatomessualue, Tullimäen asutusalue sekä Santahaan ja Suntinsuun virkistysalueet. Näilläkin alueilla näkymät peittyvät melko hyvin puuston taakse. Voimalat ovat näkyvillä ainoastaan Vanhansatamanlahden itärannalle ja joiltain osin Rummelöön. Erityisesti maisemavaikutusta vähentää voimaloiden sijoittaminen suurteollisuusalueen reuna-alueelle. Voimaloiden vaikutusta maisemaan ei kannata ajatella pelkästään negatiivisena, sillä ne tuovat myös positiivista lisäarvoa ympäristölle. (Kaavaluonnos 2011, 27–29.)

Hankkeella katsotaan olevan myös melko vähäiset vaikutukset Kokkolan Natura-alueisiin, joita ovat Rummelön-Harrbådan Natura 2000 -alue tuulivoimahankkeen itäpuolella ja Kokkolan saariston Natura 2000 -alue pohjoispuolella. Rummelön-Harrbådan Natura-alue sijaitsee tuulivoima-alueen lähimmillään noin 210 metrin etäisyydellä ja Kokkolan saariston Natura-alue on noin 1,8 kilometrin etäisyydellä koko hankkeesta. Näiden alueiden mahdollisia vaikutuksia ovat alueella pesivien lintujen ruokailuehtojen aiheuttaman liikkumisen tutkimusalueen läpi. (Kaavaluonnos 2011, 29.)

Tuulivoimahankkeen haitallisia vaikutuksia on pyritty välttämään ja yritetty vähentää sen kaavaluonnosvaiheessa, jolloin on suunniteltu voimaloiden sijoittelua ja tehty sijoitteluiden muutoksiakin. Lisäksi voimaloiden määrää on vähennetty alkuperäisestä, jotta negatiiviset vaikutukset olisivat vähäisemmät. Haitallisten vaikutusten edelleen vähentämiseksi voidaan jatkosuunnittelussa vaikuttaa tuulivoimalan tyyppin ja perustuksen valinnalla, kulkureittien valinnalla ja töiden aloittamisella.

On myös hyvä tietää, että tuulivoimalaitokset voidaan pysäyttää esimerkiksi tiettyjen riskilajeihin kuuluvien lintujen päämuuton ajaksi. (Kaavaluonnos 2011, 31–32.)

Voimaloiden perustuksien valinnoilla voidaan lieventää vesistövaikutuksia, ja rakennustöiden oikealla ajoittamisella vaikutukset vesieliöihin, vesistöihin ja linnustoon vähenevät. Lisäksi lintujen törmäysriskiä voidaan vähentää suunnittelemalla kunnan valaistus yöajalle. Melu- ja varjostushaittoja vähennetään voimalatyyppin valinnalla, ja erityisesti meluntuottoon vaikuttaa turbiinin valinta. Tuulivoima-alueen vaikutukset maankäyttöön täytyy ottaa suunnittelussa esille ja pyrkiä sovittamaan eri maankäyttömuodot yhteen käyttämällä esimerkiksi olemassa olevia johtokäytäviä ja yhdistämällä ne toisten hankkeiden sähkönsiirtolinjoihin. Tätä kautta voidaan lieventää hankkeen haitallisia vaikutuksia. (Kaavaluonnos 2011, 31–32.)

Kokkolan tuulivoimahankkeen negatiiviset vaikutukset jäävät mielestäni kokonaisuutta ajatellen melko vähäisiksi, ja niitä pyritään vielä kaikin keinoin lieventämään. Ajatuksen tasolla haitalliset ja negatiiviset vaikutukset voidaan kumota hankkeen positiivisilla vaikutuksilla, esimerkiksi ympäristöä säästävällä tavalla tuottaa uusiutuvaa energiaa, lisääntyvällä elinkeinotoiminnalla ja jopa voimaloiden matkailun houkutustekijöillä.

Tietyt asiakokonaisuudet valtakunnallisista alueidenkäytöntavoitteista koskevat erityisesti tämän hankkeen vaiheyleiskaavaa, ja ne täytyy ottaa huomioon suunnittelussa. Alueiden käyttötavoitteiden mukaan on esimerkiksi alueiden käytössä turvattava energiahuollon valtakunnalliset tarpeet ja edistettävä mahdollisuuksia hyödyntää uusiutuvia energialähteitä. Lisäksi on näytettävä, että rannikko- ja tunturi-alueet ovat parhaiten hyödynnettävissä maakuntakaavoituksessa ja että voimalat täytyy ennen kaikkea keskittää eli sijoittaa useamman voimalan ryhmiin. Tässä kaavoituksessa ja kaikessa muussa alueidenkäytön suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon merkittävien voimajohtojen linjaukset ajatellen valtakunnallista energiahuoltoa. Lähtökohtaisesti on hyödynnettävä jo olemassa olevia johtokäytäviä. Uudet tarvittavat linjaukset ja mahdolliset tarpeet parantaa tai laajentaa vanhaa verkostoa ovat myös huomioitavia asioita hankkeen vaiheyleiskaavassa. (Kaavaluonnos 2011, 29.)

6.3 Kyselytutkimus Kokkolan edustan merituulipuistosta

Vuonna 1999 Pohjolan Voima käynnisti hankkeen nimeltä Merituulivoima teollisena energialähteenä. Kohdealueeksi kyseiselle suunnittelutyölle valittiin Kokkolan edustan merialue. Sinne suunniteltiin yhteensä yli 30 MW:n suuruinen merituulivoimalaitos. Tutkittavia osa-alueita olivat esimerkiksi turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, mutta yksi erittäin tärkeä osa tätä suunnittelutyötä oli selvittää kansalaisten näkemyksiä merituulivoimalaitoksesta ja sen vaikutuksista. Tämä kyselytutkimus tehtiin Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:ssä, ja se toteutettiin otantatutkimuksena. (Asenteet tuulivoimaa kohtaan 2000, 107.)

Samalla kun on tehty tutkimustyötä laajasta merituulipuistosta Kokkolan merialueelle, on siitä tehty myös mielipidekysely paikallisilta asukkailta, loma-asukkailta, veneilijöiltä, kalastajilta ja paikallisilta päätöksen tekijöiltä. Kyselytutkimuksessa otettiin selville ihmisten suhdetta merialueeseen, jolle tuulivoimaa sijoitettaisiin, mielipiteitä eri energiantuotantotavoista sekä kantaa merituulivoimalaitoksen rakentamiseen. (Asenteet tuulivoimaa kohtaan 2000, 107.)

Kyselytutkimuksen vastauksista voi nähdä samantyyppisiä asenteita kuin kansainväliselläkin tasolla. Pääosin suhtautuminen tuulivoimaan oli positiivista, ja erityisesti sen mahdollisuudet ja ympäristöystävällisyys olivat tiedossa. Lisäksi sen uskottiin olevan myönteinen asia alueen talouden ja kehityksen kannalta. Kyselytutkimuksen vastaajista yli 70 % oli sitä mieltä, että merituulivoimala vaikuttaa myönteisesti Kokkolan imagoon. Toisaalta ihmiset kokivat, että merkittäviä vaikutuksia paikallisesti ovat melu, maiseman muutokset ja merialueen käytön rajoitukset. Varsinkin ne henkilöt, jotka kokivat merialueen tärkeäksi vapaa-ajanviettoalueeksi, kokivat vaikutukset suurina ja myös vastustivat suunnitelmaa. Ne ryhmät, jotka käyttävät aktiivisesti merialuetta, ajattelivat, että tuulivoimalat pilaavat tutun merimaiseman arvon ja lisäksi rajoittavat kyseisen alueen käyttömahdollisuuksia. Kyselytutkimukseen osallistuvilla oli pelko joutua etsimään rauhallista ja kiireetöntä maisemaa kauempaa, mikäli tuulivoimalat sijoitetaan rannikkoalueelle. (Asenteet tuulivoimaa kohtaan 2000, 107.)

Mielipidekyselyssä voimaloiden maisemavaikutukset merimaiseman ja tuulivoimalan yhteensovittamisesta herättivät erittäin ristiriitaisia tunteita. Vastanneista puolet koki tuulivoimalla olevan negatiivisia vaikutuksia ympäröivään maisemaan, mutta silti vain 40 % koki voimaloiden häiritsevän tai pilaavan rannikkomaisemaa. Aiheesta oli lähetetty kuvasovitteita kyselyn mukana asian havainnollistamiseksi. Melkein puolet kyselytutkimukseen vastanneista uskoi tuulivoimaloiden monipuolistavan merimaisemaa, ja noin 15 % uskoi niiden kaunistavan merimaisemaa. (Asenteet tuulivoimaa kohtaan 2000, 107.)

Mielipidekyselyssä ihmisillä oli mahdollisuus kuvata omin sanoin näkemyksiä tuulivoimaloista rannikkomaisemassa. Vastaukset sisälsivät sekä kehuja että arvoste-luja. Voimaloita kuvattiin piristäviksi, elävöittäviksi ja eksoottisiksi. Lisäksi niitä ajateltiin massiivisiksi, masentaviksi, keinotekoisiksi ja rumiksi. Se, että tuulivoima koetaan myönteisesti, vaikutti suuresti maiseman kokemiseen. Kyselyn mukaan ihmiset ovat valmiita kestämään esteettisiä tappioita, jos sen kautta vallitsevan ympäristön tila paranee. Ihmiset toivoivat kuitenkin, että suunnittelijat paneutuvat voimaloiden maisemasuhteeseen sijoitteluun, jotta luonnonarvot saadaan säilytetyä. (Asenteet tuulivoimaa kohtaan 2000, 107.)

7 SUUNNITELTUJA TUULIVOIMAHANKKEITA

Ympäri Suomea on suunnitteilla useita meri- ja maatuulivoimahankkeita. Muun muassa Pohjolan Voima teki selvityksiä näistä hankkeista vuonna 2010. Lisäksi Wdp Finland Oy on alkanut kehittää tuulivoiman roolia Suomessa. Sillä on useita tuulivoimaprojekteja meneillään ja muutamia esiselvitysvaiheessa olevia. Osa tuulivoimahankkeista ja -projekteista sijoittuu Kokkolan tuulivoimahankkeen tavoin rannikkokaupunkeihin tai ainakin länsirannikon tuntumaan. (Tuulivoimahankkeet 2011.)

Pohjolan Voima haluaa edistää merituulipuistojen suunnittelua toiminnallaan. Esimerkiksi Kemin Ajoksen meriperustushankkeen selvitykset on aloitettu rakentamalla koetuulivoimalan perustus ja torni vuonna 2009. Selvityksessä pyrittiin tutkimaan, miten meren pohjaan rakennettu koetuulivoimalan perustus ja voimalan torni kestävät talven sääoloja, joita ovat muun muassa tuulen, jään ja merenkäynnin rasitukset. Talvikaudella 2009–2010 saadut mittaustulokset kertovat, että teräksestä valmistetut torni ja perustukset kestivät todella hyvin talven rasituksia. Vastaavia mittauksia jatketaan kuitenkin vielä toisena talvikautena, jotta saadaan vertailutietoja. Tästä hankkeesta on tehty kustannusarvio, joka on 2,5 miljoonaa euroa. Työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt hankkeelle investointitukea. Vuoden 2011 aikana Kemin meriperustus ja torni on tavoitteena rakentaa toimivaksi tuulivoimayksiköksi. Rakennettava voimala olisi koetuulivoimala, ja se olisi Kemin tuulivoimapuiston 11. tuulivoimalaitosyksikkö. Lisäksi kaupungin merituulivoimapuistoa suunnitellaan laajennettavaksi noin 200 MW:n tehoiseksi. Noin 60 voimalaa rakennettaisiin Ajoksen eteläpuoleiselle merialueelle, ja hankkeeseen sisältyy myös joitakin maalle rakennettavia voimalaitoksia olemassa olevan Ajoksen tuulivoimapuiston läheisyyteen. (Tuulivoimahankkeet 2011.)

Pohjolan Voima suunnittelee ja selvittää merituulivoimapuiston rakentamista Oulu-Haukiputaan edustalle yhdessä Oulun Energian kanssa. Merialueelle on suunnitteilla noin 140 tuulivoimalaa sekä tuulivoimapuiston liittämisjohdot valtakunnan sähköverkkoon. Voimaloiden yhteenlaskettu teho olisi noin 500–800 MW. Lisäksi

Pohjolan Voimalla on suunnitteilla laajentaa tuulivoimapuistoa Kristiinankaupungissa ja selvittää uusien tuulivoimapuistojen rakentamismahdollisuuksia rannikolle sekä sisämaahan sellaisille alueille, joissa tuuliolosuhteet ovat suotuisat. Jo suunniteltuja uusia kohteita ovat esimerkiksi Lapua, Raahe ja Merikarvia. (Tuulivoimahankkeet 2011.)

Wdp Finland Oy:n lin Suurhiekan merituulipuiston hankealueen koko on noin 5900 hehtaaria. Se sijaitsee Hailuodon pohjoispuolella Suurhiekan matalikolla, ja lähimpään asutukseen etäisyys on noin 10 kilometriä. Tähän tuulivoimapuistoon on suunnitteilla noin 80 tuulivoimalaa, joista jokainen on teholtaan noin 5 MW. Tehdyn arvion mukaan voimalat tuottavat sähköä noin 1500 GWh vuodessa. Yksi talous kuluttaa sähköä keskimäärin 5 MWh vuodessa. Kokonaissähkönkulutus Suomessa on noin 90 000 000 MWh vuodessa. Suurhiekkään rakennettavien tornien korkeus on noin 100 metriä, roottorin halkaisija noin 120 metriä ja voimaloiden keskinäinen etäisyys noin 1000 metriä. Hankkeen rakennusvaihe alkaa aikaisintaan vuonna 2013, mutta projekti on kuitenkin edennyt jo kolmanteen vaiheeseen. Alueen käyttöoikeussopimukset maanomistajien kanssa tehdään hankkeen ensimmäisessä vaiheessa. Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) toteutetaan hankkeen toisessa vaiheessa. Kolmannessa vaiheessa hankitaan kaikki rakentamiseen vaadittavat luvat, joiden jälkeen voidaan siirtyä hankkeen neljänteen vaiheeseen eli itse tuulipuiston rakentamiseen. (Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa 2011.)

Korsnäsin merituulipuisto on myös Wdp Finland Oy:n projekti. Se sijaitsee noin 14 kilometrin etäisyydellä Korsnäsin keskustasta kunnan edustan merialueella. Lähin asutus on 9 kilometrin etäisyydellä. Kyseisen hankealueen koko on noin 18 000 hehtaaria. Korsnäsin tuulivoimapuistoon on suunnitteilla 120–160 tuulivoimalaa. Jokainen on teholtaan noin 3–5 MW. Niiden vuotuinen sähköntuotanto yhteensä on arvioitu 2250–3000 GW:n suuruiseksi vuodessa. Myös tämän tuulipuiston tornit ovat korkeudeltaan noin 100 metriä, roottorin halkaisija noin 120 metriä ja voimaloiden etäisyys toisistaan noin 1000 metriä. Korsnäsin merituulipuiston rakentamisen odotetaan alkavan aikaisintaan vuonna 2015. Lisäksi tämä projekti on tällä hetkellä keskeytetty. (Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa 2011.)

Esimerkiksi Pyhäjoen Mäkikankaan ja Kalajoen Jokelan tuulipuistot ovat Wdp Finland Oy:n tuulipuistohankkeita maalle. Mäkikankaan tuulipuisto sijaitsee noin 15 kilometriä Pyhäjoen keskustasta lounaaseen. Lähimpään asutukseen etäisyyttä on vain 1 kilometri. Koko hankealueen koko on noin 250 hehtaaria. Tähän tuulipuistoon on suunnitteilla noin 13–19 tuulivoimalaa, joista jokainen on teholtaan noin 2,3–3,6 MW. Arvion mukaan tuulivoimalat tuottavat sähköä yhteensä noin 100–140 GWh vuodessa. Tämän hankkeen tornit ovat korkeudeltaan noin 100–135 metriä, rottorien halkaisija noin 90–120 metriä ja tuulivoimaloiden keskinäinen etäisyys noin 400–600 metriä. Kyseisen hankkeen rakentaminen voisi käynnistyä vuoden 2013 aikana, sillä projekti on edennyt jo toiseen vaiheeseen. (Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa 2011.)

Noin neljän kilometrin päässä Kalajoen keskustaaajamasta pohjoiseen päin sijaitsee Jokelan maalle rakennettava tuulipuisto. Tämän hankealueen koko on noin 300 hehtaaria, ja lähin asutus sijaitsee noin 1,5 kilometrin etäisyydellä siitä. On suunniteltu, että Jokelan tuulipuistoon rakennetaan noin 14–20 voimalaa. Jokainen tuulivoimala olisi teholtaan noin 2,3–3,6 MW. Koko tuulipuiston teho riippuu toteutusvaihtoehdoista, mutta sen arvioitu kokonaisteho olisi noin 50–72 MW. Tälle tuulivoima-alueelle voimalat rakennettaisiin 400–600 metrin välein. Tuulivoimalan osion suuruudet ovat seuraavat: torni 100–135 metriä ja rottorin halkaisija 90–120 metriä. Kyseinen hanke voisi käynnistyä vuoden 2013 kuluessa. Jokelan tuulipuisto on edennyt ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn saakka eli projektin toiseen vaiheeseen. (Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa 2011.)

Yritysten ajamien tuulivoimaprojektien ja hankkeiden kautta on mahdollista saavuttaa Suomen hallituksen asettama tavoite lisätä tuulivoimaa vuoteen 2020 mennessä ja saavuttaa jopa 6 TWh:n tuulivoimatuotanto. Se tarkoittaa, että tuulivoimaa tulee rakentaa vähintään aiemmin mainitun 2000 MW:n verran, joka käsittää noin 700 yksittäistä tuulivoimalaa. Tämän avulla voidaan myös päästä Euroopan unionin asettamaan tavoitteeseen kasvattaa uusiutuvan energiansuutusta energian kokonaiskulutuksesta. (Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa 2011.)

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaikilla energiamuodoilla on oma tärkeä roolinsa energiantuotannossa. On vaarallista lähteä toteuttamaan vain yhtä energiamuotoa, sillä riskit ovat silloin paljon suuremmat kuin hajautetussa energiantuotannossa. Hajautettua energiantuotantoa toteutetaan jo Suomessa. Jos esimerkiksi tuulivoiman hyödyntämistä yhtenä energiantuotannon muotona kannatetaan myös jatkossa, voi siitä saada yhä suuremman potentiaalin käyttöön tulevaisuudessa.

Tuulivoimala tarvitsee käynnistyäkseen tuulta, jonka nopeuden on oltava vähintään 3 m/s. Tuulivoimalan tuottamaa tehoa tulee rajoittaa tilanteessa, jossa tuulen nopeus ylittää nopeuden 25 m/s. Silloin pysytään voimalan ihanteellisella toiminta-alueella. Tuulivoimalat voidaan jaotella muun muassa tehon rajoitusmenetelmien mukaan eri tyyppeihin: sakkausrajoitteinen laitos, lapakulmasäätöinen laitos ja aktiivisakkausäätöinen laitos.

Voimaloiden rakentamiselle ja tuulivoima-alueille on tiettyjä lainsäädännöllisiä vaatimuksia samoin kuin muullekin rakentamiselle. Maakunta-, yleis- tai asemakaavan avulla selvitetään alueen sopivuus tuulivoimalan sijoittamiselle. Alueen kaavoitus-tarve selvitetään maankäyttö- ja rakennuslain avulla. Jos alue kuuluu jo yleis- tai asemakaavaan, sille voidaan rakennuttaa voimala suoraan luparatkaisuilla. Sekä yleis- ja asemakaava- että maankäyttö- ja rakennuslakiasioissa voi kääntyä kunnan puoleen. Maakuntien liitot vastaavat maakuntakaavojen laadinnasta. Yleisesti ottaen tuulivoimarakentamisessa tulee huomioida erikseen useita asioita, joita ovat esimerkiksi ranta-alueille rakentaminen, vesistö-rakentaminen, maantie- ja ratatielaki sekä puolustusvoimien harjoitusalueiden turvaaminen. Lisäksi nykyään vähintään kymmenen tuulivoimalan tai kokonaisteholtaan 30 megawatin tuulipuisto vaatii YVA-lain mukaisen ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltamista.

Tuulivoimaloiden rakentamisella ja niiden käytöllä on vaikutuksia ympäristöön niin kuin kaikella rakentamisella. Tuulivoiman haitalliset vaikutukset jäävät kuitenkin tarkan suunnittelun ja selvityksien avulla varsin vähäisiksi, ja jos todella halutaan

saavuttaa kehitystä ympäristöystävällisessä energiantuotannossa, täytyy olla valmis tekemään uhrauksia. Tuulivoiman tuotannon vaihteluista seuraa pieniä vaikutuksia sähköverkon jännitteeseen ja jännitetasoon. Tuotannon vaihtelut voivat joutua tuuleen ajoittaisesta puuskaisuudesta tai voimalan pysäyttämisestä ja uudelleen käynnistämisestä. Nämä vaikutukset ovat kuitenkin melko vähäisiä ja vaimevat edelleen voimalalta sähköasemalle päin mentäessä. Yhteiskuntavaikutukset, joita syntyy tuulivoimaloiden rakentamisesta ja käytöstä, ovat ehdottomasti positiivisia. Tuulivoima turvaa maan energiaomavaraisuutta ja lisää sähkön toimitusvarmuutta. Tuulivoimarakentamisella on lisäksi suuri työllistävä vaikutus.

Kokkolaan vireillään oleva tuulivoimahanke etenee hyvää vauhtia. Hankkeen tarkka suunnittelu takaa sen, että tuulivoimaloiden rakentaminen ja alueella jo olemassa olevat toiminnot saadaan sovitettua hyvin yhteen. Kun tuulivoimahanke toteutuu tulevaisuudessa, se osallistuu omalta osaltaan uuteen hallituksen linjaamaan ilmasto- ja energiastrategian tavoitteeseen kasvattaa tuulivoimalla tuotetun sähkön osuutta.

Pohjolan Voiman Merituulipuisto-hankkeesta vuonna 1999 tehdystä kyselytutkimuksesta kävi hyvin ilmi kansalaisten yleiset mielipiteet tuulivoimaa kohtaan. Lisäksi se kertoi asenteista tuulivoimarakentamista kohtaan Kokkolan satama-alueen läheisyydessä. Asenteet olivat samantyyppisiä kuin kansainvälisellä tasolla. Suurin osa suhtautuu tuulivoimaan positiivisesti ymmärtäen sen mukanaan tuomat mahdollisuudet alueelle ja toiminnan ympäristöystävällisyyden. Mutta näiden lisäksi tuulivoimarakentamisella koetaan olevan aina joitain haitallisia paikallisia vaikutuksia, esimerkiksi melun ja maiseman muutosten muodossa.

Tällä hetkellä Pohjolan Voimalla ja Wdp Finland Oy:llä on vireillään useita tuulivoimahankkeita Suomessa. Osa hankkeista on vasta esiselvitysvaiheessa, mutta monet hankkeet ovat edenneet jo pidemmälle lupienseselvitys- tai rakentamisvaiheeseen saakka. Molemmat yritykset haluavat edistää tuulivoimapuistojen suunnittelua ja rakentamista. Sen vuoksi ne toimivat aktiivisesti tuulivoimarakentamisen puolesta.

LÄHTEET

Asenteet tuulivoimaa kohtaan. 2000. Helsingin kaupunki. Pohjolan Voima - Kokkolan edustan merituulivoimalaitoksen tutkimus: Kansalaiset ja merituulivoima. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.hel.fi/static/ksv/www/yk2002/Maisemallinen%20osa%204.pdf>. Luettu: 5.7.2011.

Aura, L. & Tonteri, A.J. 1995. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Energiantuotanto. Uusiutuva energia, tuulivoima. 2010. Energiantuotanto.info. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.energiantuotanto.info/uusiutuva-energia/tuulivoima>. Luettu 22.6.2011.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Kaavaluonnos. 10.1.2011. Kokkolan kaupunki. Kokkolan suurteollisuusalueen tuulivoima-alueen vaiheyleiskaava. www-dokumentti. Saatavissa: https://www.kokkola.fi/kaavat_ja_kiinteistot/yleiskaavoitus/fi_FI/tuulivoima/files/85689927770781953/default/KOKKOLA_tuulivoimavaiheOYK_selostus_10012011.pdf. Luettu: 26.6.2011.

Kaikki ilmaston muutoksesta. 20.6.2011. Ilmasto.org. www-dokumentti.fi. Saatavissa: http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/uusiutuva_energia.html. Luettu. 25.6.2011.

Kokkola 2003. Pohjolan Voima. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.pohjolanvoima.fi/fi/?id=8097>. Luettu: 26.6.2011.

Natura 2000-alueet. 26.11.2010. Metsähallitus. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Luonnonsuojelu/Suojelualueet/Natura2000alueet/Sivut/Natura2000alueillasuojellaanluontotyyppejalajaja.aspx>. Luettu: 26.6.2011.

Suomen tuulivoimatilasto. 2011. VTT. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/>. Luettu: 25.6.2011.

Sähköntuotanto. 2011. Energiateollisuus. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto>. Luettu 20.6.2011.

Sähköntuotanto, tuulivoima. 2011. Energiateollisuus. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/tuulivoima>. Luettu: 20.6.2011.

Tekniikka tutuksi. 19.9.2010. Suomen tuulienergia – Finnish wind technology Oy. www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.suomentuulienergia.fi/perustietoa_1.html. Luettu 6.6.2011.

Tiedotteet. 10.2.2011. Tuuliwatti. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.tuuliwatti.fi/index.php?id=8094>. Luettu: 26.6.2011.

Tompuri, V. 10.10.2002. Ensimmäiset kotimaiset tuulivoimalat Kokkolaan. Rakennuslehti. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/3501.html>. Luettu: 26.6.2011.

Tuulessa on voimaa. 2. painos. 2003. Motiva Oy. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/tuulivoima>. Luettu: 25.6.2011.

Tuulessa on voimaa -esite. Puhtaampaa sähköntuotantoa. 2001. Motiva Oy. Helsinki: Erweko Painotuote Oy.

Tuulivoima. Puhtaan Paikallisen Energiantuotannon Ratkaisija. 19.5.2011. Tuulivoimala.com Finland Oy. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.tuulivoimala.com/Tuulivoima.asp>. Luettu 14.6.2011.

Tuulivoimahankkeet. 2011. Pohjolan Voiman verkkosivut. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.pohjolanvoima.fi/vuosi2010/investoinnit/tuulivoimahankkeet/index.html>. Luettu: 19.7.2011.

Tuulivoimala. 2009. Tekes, Matias Uusikylä. www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.tekes.fi/imageserver/images/fi_content/picture_bank/energiak/tuulivoimala_0.jpg. Luettu 23.6.2011.

Tuulivoima Suomessa ja maailmalla. 28.3.2011. Hannele Holttinen, VTT. www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.vtt.fi/files/news/2011/Tuulivoima_media-aamiainen_esitys.pdf. Luettu: 25.6.2011.

Tuulivoiman projektiopas. Energiapäätöksiä huomisen hyväksi – tänään. 5/1999. Motivan julkaisu. Helsinki.

Tuulivoiman tietopaketti. Joulukuu 2009. Motiva Oy. www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulivoima_tietopaketti. Luettu 6.6.2011

Tuulivoimaopas. Yleistä tuulivoimasta. Voimalan sijoittaminen & Tuulivoima Suomessa. 5.5.2011. Motiva Oy. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.tuulivoimaopas.fi>. Luettu 25.6.2011.

Tuulivoimarakentaminen. Elokuu 2005. Ympäristöministeriö. www-dokumentti.

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=42234&lan=FI>. Luettu 11.6.2011.

Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöministeriön raportti 19/2011. Ympäristöministeriö. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=127047&lan=fi>. Luettu 11.6.2011.

Tuulivoimateknologia. 2.4.2009. Motiva Oy:n kotisivut. www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoimateknologia. Luettu 6.6.2011.

Vuorinen, A. 2009. Energiankäyttäjän käsikirja. Espoo: Ekoenergo Oy.

Ympäristö.fi. 26.1.2010. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivut. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?node=24723&lan=fi>. Luettu: 13.7.2011.

Wdp:n tuulivoimaprojektit Suomessa. Wpd Finland Oy:n verkkosivut. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.wpd-finland.com/fi/tuulivoimaprojektit.html>. Luettu: 19.7.2011.