

Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Tuulivoima

Tero Ahonen
Igor Dukeov



Energiamurroksen ennakoitut vaikutukset 2030: Tuulivoima

Tero Ahonen
Igor Dukeov

Smart Energy Transition -hanke

www.smartenergytransition.fi

Aalto-yliopiston julkaisusarja
CROSSOVER 11/2016

© Tero Ahonen, Igor Dukeov

ISBN 978-952-60-7193-0 (pdf)

ISSN-L 1799-4950

ISSN 1799-4950 (painettu)

ISSN 1799-4969 (pdf)

www.smartenergytransition.fi

Unigrafia Oy
Helsinki 2016

Smart Energy Transition -hanke (293405) kiittää Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvostoa hankkeen mahdollistamisesta ja tuesta.

Tekijä

Tero Ahonen, Igor Dukeov

Julkaisun nimi

Energiamurroksen ennakoitua vaikutukset 2030: Tuulivoima

Julkaisija Kauppakorkeakoulu**Yksikkö** Johtamisen laitos**Sarja** Aalto-yliopiston julkaisusarja CROSSOVER 11/2016**Tutkimusala** Energiatutkimus**Kieli** Suomi**Tiivistelmä**

Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET) -hankkeeseen (www.smartenergytransition.fi).

Tuulivoiman rooli ei ole vielä yhtä merkittävä Suomessa kuin Ruotsissa. Tuulivoiman osuus Suomen sähkönkulutuksesta on kuitenkin kasvamassa hallituksen tavoitteen ollessa 9 terawattitunnin vuosituotanto vuonna 2025, ollen alle kymmenen prosenttia arvioidusta kokonaiskulutuksesta. Delfoi-kyselyyn vastanneet odottavat tuulivoiman osuuden olevan selvästi yli kymmenen prosenttia Suomen sähköntarpeesta 2030-luvulla. Tuulivoiman käytännön kehittyminen Suomessa tulee tuotantokustannusten (LCOE, €/MWh) laskun lisäksi paljolti riippumaan valtion tavoitteista ja ohjauskeinoista päästövapaiden energiantuotantotapojen edistämiseksi. Mikäli tuulivoiman globaali yleistyminen jatkuu ja hintataso laskee odotetusti, tämä voi edesauttaa myös merituulivoiman yleistymistä myös Suomessa.

SET-hankkeen työpajassa tuotiin esille useita ehdotuksia tuulivoiman käyttöönoton laajentamiseksi Suomessa. Säästösten sekä positiivisten esimerkkien avulla voitaisiin tuulivoimaa tehdä vielä nykyistä tutummaksi sähköntuotantotavaksi erityisesti paikallistasolla. Lisäksi tuulivoimaloiden ja -puistojen paikallista omistajuutta tulisi tukea, sillä tämä edesauttaisi tuulivoimaprojektien yleistä hyväksyttävyyttä.

Avainsanat energia, älykäs energia, energiamurros, tuulivoima**ISBN (painettu)****ISBN (pdf)** 978-952-60-7193-0**ISSN-L** 1799-4950**ISSN (painettu)** 1799-4950**ISSN (pdf)** 1799-4969**Julkaisupaikka** Helsinki**Painopaikka** Helsinki**Vuosi** 2016**Sivumäärä** 14

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Tuulivoimajärjestelmien osuus sähköntuotannosta	1
2.1 Tuulivoimajärjestelmien hintatason kehitysnäkymät	1
3 Tuulivoiman kehitys Suomessa	2
3.1 Tuulivoiman yleistyminen lähitulevaisuudessa Suomessa	3
3.2 Näkemyksiä tuulivoiman merkityksestä 2030-luvun Suomessa	4
4 Tuulipuistojen sijaintiin liittyvät haasteet ja työpajan ratkaisuehdotukset.....	5
4.1 Tuulivoimaan liittyviä taloudellisia haasteita ja ratkaisuehdotuksia	5
4.2 Regulaation haasteet ja työpajan ratkaisuehdotukset.....	6
5 Tuulivoiman hyväksyttävyyys ja mahdolliset ratkaisut.....	7
6 Yhteenveto	7
Lähteet	8

1 Johdanto

Smart Energy Transition (SET) on Suomen Akatemian rahoittama tutkimushanke, jossa tutkitaan globaalin energiamurroksen aiheuttamia vaikutuksia Suomessa. SET-hanke järjesti keväällä 2016 asiantuntijakyselyn ja -työpajan, joilla kartoitettiin energiamurroksen teknologioiden ennakoitua kehitystä ja käyttöönottoa Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Kaksierokseen kyselyyn kutsuttiin mukaan yli 250 energia-alan asiantuntijaa, siihen osallistui noin 60 henkeä, ja tulosten pohjalta kesäkuussa 2016 järjestettyyn työpajaan osallistui noin 40 henkeä. Yhtenä työpajan teemoista oli tuulivoima ja sen rooli Suomessa 2030-luvulla.

Seuraavassa esitellään tuulivoiman roolia globaalisti sekä Suomessa, Delfoi-kyselyyn osallistuneiden näkemyksiä tuulivoiman merkityksestä Suomessa sekä työpajakeskusteluun osallistuneiden näkemyksiä tuulivoimaa edistävästä ohjauskeinoista ja tähän liittyvistä liiketoimintamahdollisuuksista.

2 Tuulivoimajärjestelmien osuus sähköntuotannosta

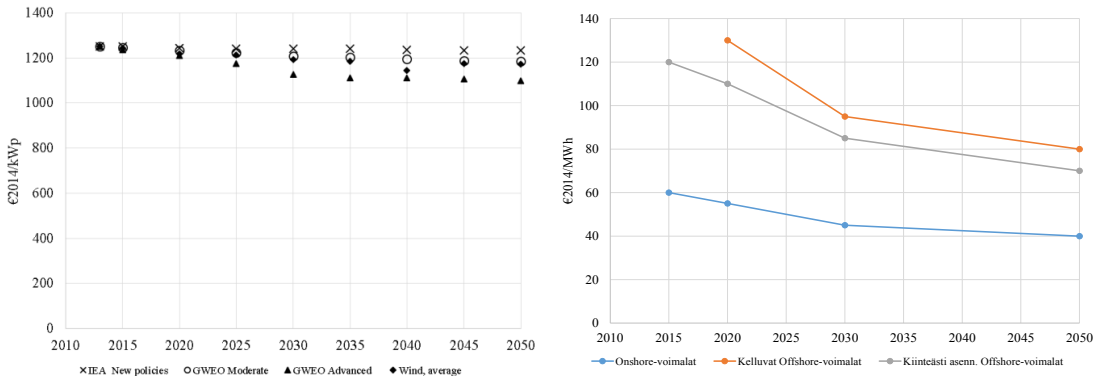
Tuulivoimasta on tullut globaalisti varteenotettava sähköntuotantomuoto 2000-luvulla, ja sen kasvu on ollut erityisen voimakasta 2010-luvulla. Vuonna 2013 tuulivoiman osuus oli 2,9 % maailmanlaajuisesta sähkönkulutuksesta, ja kahden vuoden aikana tuotantokapasiteetti on noussut 36 prosentilla ollen vuoden 2015 lopulla 432 420 megawattia. Tämän kapasiteetin tuotanto on n. 840 terawattituntia vuodessa, vastaten noin 3,5 % koko maailman sähkönkulutuksesta. Tämän kehityksen odotetaan jatkuvan globaalisti, sillä pitkän aikavälin ennusteet tuulivoiman osuudesta sähköntuotannosta ovat 4-30 prosentin luokkaa riippuen sähkönkulutuksen kasvusta sekä tuulivoiman levinneisyydestä (Fraunhofer ISE 2015 GWEC 2014; WEC 2013).

2.1 Tuulivoimajärjestelmien hintatason kehitysnäkymät

Tuulivoiman kilpailukyky muihin energiantuotantomuotoihin nähden riippuu vahvasti tuulivoimaloiden kokonaiskustannuksista (€/kW) sekä niiden tehokkuudesta, jota tyypillisesti kuvataan kapasiteettikertoimen avulla (vuosituotannon osuus teoreettisesta maksimista). Kuvassa 1 esitetyn yhteenvedon perusteella tuulivoimaloiden kokonaiskustannusten oletetaan laskevan vain hieman tekniikan kehittymisestä huolimatta, poiketen selvästi aurinkosähkö- ja akkujärjestelmille tehdyistä ennusteista. Pääsyyinä tähän on tuulivoimaprojekteihin liittyvät suunnittelu-, rakennus- ja infratyöt sekä materiaalikustannukset, joissa ei odoteta tapahtuvan suuria muutoksia (IEA 2014; GWEC 2014; IRENA 2012). Tuulivoimalla tuotetun sähkön yksikkökustannuksen (€/kWh, Levelized Cost of Electricity) odotetaan kuitenkin tulevaisuudessa selvästi

pienentyvän mm. voimaloiden käyttöiän sekä kapasiteetikertoimien kasvun ansiosta, joka perustuu tuuliturbiinien koon kasvamiseen sekä järjestelmien parempaan mitoittamiseen

3 Tuulivoiman kehitys Suomessa

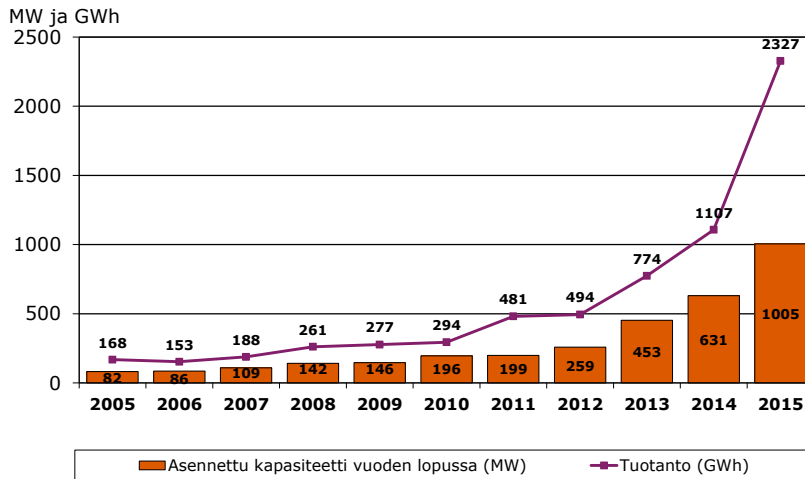


Kuva 1. Tuulivoimaloiden kokonaiskustannusten sekä sähkön tuotantokustannusten kehittyminen vuoteen 2050 mennessä (GWEC 2014, GWEO 2016).

Tuulivoiman asennuskanta on alkanut kasvamaan Suomessa merkittävästi vasta vuodesta 2012 alkaen, jolloin asennettu kapasiteetti oli n. 200 megawattia ja rakentunut 1990-luvulta alkaen. Osasyynä tuulivoiman hitaaseen käyttöönottoon Suomessa on ollut muiden uusiutuvien energialähteiden, eli vesivoiman ja biomassan hyödyntämismahdollisuudet, minkä ansiosta Suomi on pystynyt ylittämään vuodelle 2020 asetetun EU-tavoitteen uusiutuvien energian 38 % osuudesta jo vuonna 2014 (Cleantech Finland 2016, Eurostat 2016). Lisäksi tuulivoiman käyttöönottoa Suomessa ovat hidastaneet esimerkiksi kaavoitukseen sekä tuulivoimaloiden sijaan liittyvät ongelmat.

Yllämainitun EU-tavoitteen saavuttamiseksi Suomessa otettiin vuonna 2011 käyttöön syöttötariffijärjestelmä, johon hyväksytyille tuuli-, biokaasu- ja puupolttoainevoimaloille maksetaan tavoitehinnan (83,5 €/MWh) ja sähkön markkinahinnan erotuksen mukaista tukea. Koska hallituksen vuoden 2008 ilmastostrategiassa oli 38 prosentin EU-tavoitteesta johdettu tuulivoimalle tavoitteeksi 6 terawattitunnin vuotuinen sähköntuotanto ja noin 2 000 megawatin nimelliskapasiteetti vuoteen 2020 mennessä, tuulivoimarakentamisen nopeaksi käynnistämiseksi tuulivoimaloille maksettiin korotettua 105,3 €/MWh tavoitehintaa vuoden 2015 loppuun asti. Kuvan 2 mukaisesti syöttötariffimekanismilla onkin ollut vahva vaikutus tuulivoiman lisääntymiseen Suomessa, sillä asennuskanta ylitti 1000 megawattia vuoden

2015 lopulla. Tuulisähkön vuosituotanto oli tällöin n. 2,3 terawattia, ollen noin 2,8 % Suomen sähköenergiantarpeesta (82,5 TWh vuonna 2015, ET 2016).



Kuva 2. Tuulivoimaloiden yleistyminen Suomessa asennuskapasiteetin sekä vuosituotannon perusteella (ET 2016).

3.1 Tuulivoiman yleistymisen lähitulevaisuudessa Suomessa

Tuulivoiman tukimekanismeihin liittyvästä epävarmuudesta huolimatta voimaloiden asennuskannan odotetaan lisääntyvän lähivuosina, sillä vuonna 2016 rakenteilla olevien tuulivoimaloiden yhteiskapasiteetti on noin 750 megawattia (<http://yle.fi/uutiset/3-8830848>). Lisäksi Suomen Tuulivoimayhdistyksen tietokannassa on listattu rakentamisen valmisteluvaiheessa olevia projekteja 880 megawatin verran vuosille 2016–2018 (STY 2016). Tämä odotettavissa oleva asennusmäärä vastaa vuoden 2013 ilmastostrategiassa asetettua tavoitetta, että tuulivoimaloiden vuosituotannon tulisi saavuttaa 9 terawattituntia, vastaten noin 3000 megawatin asennuskantaa, vuoteen 2025 mennessä. Vuoden 2015 sähköenergiankulutukseen verrattuna tämä tarkoittaisi n. 11 prosentin osuutta Suomen sähkökulutuksesta. Kaikkiaan Suomen tuulivoimayhdistyksen projektitietokantaan on listattu 11 000 MW maalle asennettavia onshore-voimaloita ja 2 000 MW merelle asennettavia offshore-voimaloita.

Yleisen kapasiteetin kasvun lisäksi tuulivoimaloiden ja -puistojen koon voidaan odottaa kasvavan myös Suomessa, sillä tällä hetkellä suurimmat asennettavat turbiinit ovat kapasiteetiltaan 5 megawattia, kun keskimääräinen turbiinin kapasiteetti on 2,1 megawattia. Vaikka Suomessa ei olekaan yhtä paljon meripinta-alaa kuin Ruotsilla ja Tanskalla, erityisesti Itämeren rannikko- ja pohjoisen tunturialueet ovat potentiaalisia kohteita lähivuosina rakennettavilla voi-

maloille, mikäli alueelta löytyy valmista sähkönsiirtoinfraa. Tuulivoimaloiden järjestelmäkustannusten ja offshore-voimaloiden tekniikan kehittymisestä riippuen tuulivoimaloiden rakentaminen voi laajentua myös nykyistä vahvemmin Suomen merialueille: esimerkkinä Porin Tahkoluodon edustalle rakennettavaa 40 MW:n merituulipuistoa kutsutaan maailman ensimmäiseksi vaativiin jääolosuhteisiin suunnitelluksi merituulipuistoksi (Hyötytuuli 2016).

3.2 Näkemyksiä tuulivoiman merkityksestä 2030-luvun Suomessa

Syöttötariffimekanismin jälkeen tuulivoiman kehittämiseen Suomessa ei ole tällä hetkellä selvää strategiaa, vaikka se onkin globaalisti nousemassa varteenotettavaksi sähköntuotantotavaksi. Pöyryn (2016) raportin mukaan tuulivoiman arvioitu osuus Suomen sähköntuotannosta tulee pysymään alle 10 prosentissa vuoteen 2030 asti, mikä on myös nähtävissä TEM:n tänä vuonna julkaisemassa perusskenaariossa (tuuli- ja aurinkovoiman arvioitu vuosituotanto 6 terawattituntia vuonna 2030, mikä on selvästi vähemmän kuin vuodelle 2025 asetettu 9 terawattitunnin hallitustavoite). Tähän verrattuna 51 prosenttia Delfoi-kyselyyn vastanneista arvioi, että tuulivoiman osuus kokonaiskulutuksesta on 10–30 %, ja noin 3 prosenttia vastaajista arvioi tuulivoiman osuuden olevan yli 30 %. Yli 80 prosenttia vastaajista näki tuulivoimaloiden tekniikan pysyvän 2030-luvulle pitkälti nykyisen kaltaisena, jolloin esimerkiksi kapasiteettikerroimen kasvussa tapahtuu vain pientä kasvua voimaloiden modernisointien yhteydessä. Kymmenys vastaajista odottaa tekniikan kehittymisen ja esimerkiksi merituulipuistoihin tarvittavien ratkaisujen avaavan uusia vientimahdollisuuksia alan yrityksille. Myös tuulivoimalaprojekteihin tarvittavan rahoituksen odotetaan pääasiassa tulevan kotimaisista lähteistä (SET 2016).

Delfoi-kyselyyn vastanneiden mielestä Suomessa pitäisi nykyistä intensiivisemmin edistää merituulipuistojen rakentamista niihin tarvittavien arktisten ratkaisujen vientimarkkinoita ajatellen. Tätä ajatusta tukee Itämeren alueen maiden tuulivoimapotentiaalista tehty raportti (BASREC 2012), jonka mukaan kaksi kolmasosaa Itämeren suotuisimmista alueista sijaitsee Suomen merialueella: esimerkkinä Pohjanlahden meri- ja rannikkoalueen tuotantopotentiaali on arvioitu 31 200 megawattia ja Etelä-Suomen alueelle 27 400 megawattia. Tämänhetkiseen projektitilanteeseen verrattuna puolet Delfoi-kyselyyn vastanneista arvioikin offshore-voimaloiden osuudeksi vuonna 2030 nykytilannetta vastaavan 10–30 % asennuskapasiteetista, ja puolet vastaajista arvioi offshore-voimaloiden osuudeksi huomattavasti merkittävämän 50–70 % asennuskapasiteetista.

Lisäksi sekä Delfoi-kyselyssä että kesäkuun työpajassa tuotiin esille useita säädöksellisiä, taloudellisia sekä sosiaalisia kysymyksiä, joiden ratkaisemisella voitaisiin nopeuttaa tuulivoiman yleistymistä Suomessa.

4 Tuulipuistojen sijaantiin liittyvät haasteet ja työpajan ratkaisuehdotukset

Smart Energy Transition -hankkeen järjestämässä tuulivoiman työpajassa keskusteltiin aluksi tuulipuistojen sijoittamiseen sekä rakentamiseen liittyvistä tekijöistä, jotka vaikuttavat tuulivoiman yleistymiseen Suomessa. Ensinnä sijainnin pitäisi olla luonnollisesti suotuisa tuulivoiman tuotannolle, minkä takia pääosa Suomen tuulipuistoista on rakentumassa länsirannikolle ja Pohjanmaalle. Toisaalta sijainnin pitäisi olla mahdollisuuksien mukaan lähellä valmista tie- ja sähköinfraa, joka pienentäisi puiston rakennuskustannuksia. Tämä on yksi syy, miksi tuulipuistojen rakentaminen Lappiin ja merialueille on ollut vielä vähäistä Suomessa.

Myös tuulivoimaloiden aiheuttama melu sekä siivistä tippuva jää tulee huomioida sijoittamalla voimala vähintään kilometrin päähän asutuksesta sekä 300 metrin päähän tiestöstä, mikäli siivistä lentävä jää on todellinen riskitekijä. Lisäksi alueiden kaavoitus esimerkiksi luonnon-suojelu- tai maanpuolustuskäyttöön sekä paikallisen väestön mielipide ovat huomioitavia tekijöitä tuulipuistojen sijoittamisessa: tästä seuraakin sähkönsiirtoon liittyvä ongelma, että monissa tapauksissa tuulipuistoja on helpompi rakentaa alueille, jossa ei ole vahvaa sähkönkulutusta tai valmista sähkönsiirtoinfraa.

Työpajassa nähtiin kuitenkin, että Suomessa on paljon mahdollisuuksia tuulipuistojen rakentamiseen kaavoitetuilla alueilla yllämainittujen merialueiden lisäksi. Esimerkkinä aluekaavoitusta voitaisiin tehostaa siten, että valta- ja moottoriteiden lähialueita hyödynnettäisiin nykyistä laajemmin tuulivoimaloiden rakentamiseen: näillä alueilla on usein valmista sähkönsiirtoinfraa, ja lisäksi tuulivoimalat voisivat hyödyntää näitä muuten käyttämättöminä olevia, eli esimerkiksi asumiseen tai maanviljelyyn sopimattomia, alueita. Tällöin tuulivoimalat tulisivat myös nykyistä näkyvämmäksi ja tutummaksi osaksi sähköntuotantoa, mikä edesauttaisi tuulivoiman hyväksyttävyyttä energiaratkaisuna. Mikäli jään kertyminen voimalan siipiin saadaan ratkaistua, tuulivoimaloiden sijoittamismahdollisuudet paranevat nykyiseen 300 metrin varoetäisyyteen verrattuna, sillä Liikenneviraston ohjeen perusteella tuulivoimalan minimietäisyyden tiestä tulee vastata vähintään sen maksimikorkeutta lisätynä tien suoja-alueen etäisyydellä (moottoriteillä 50 m). Toisena mahdollisuutena tuulivoimaloiden sijoittamiselle nähtiin vanhat sotilas- ja voimalaitosalueet, missä olisi valmista infraa ja esimerkiksi asuinrakentamiseen soveltumatonta maaperää tuulivoimaloiden sijoittamista ajatellen.

4.1 Tuulivoimaan liittyviä taloudellisia haasteita ja ratkaisuehdotuksia

Tuulivoima-alalla tapahtunut keskittyminen on nähtävissä järjestelmien kokonaiskustannusten tasaantumisessa sekä pienten voimalavalmistajien vaikeudessa kilpailla hinnalla suurilla valmistajilla vastaan. Tästä johtuen tuulivoima-alan vientimahdollisuudet linkittyvät esimerkiksi

voimaloihin tarvittaviin mittausjärjestelmiin ja muihin vastaaviin erikoiskomponentteihin sekä yleisemmin sähkönkulutuksen automaattisiin kysyntäjoustoratkaisuihin.

Tuulivoiman yleistyminen Suomessa tähän mennessä on tapahtunut hallitusohjelman tavoitteiden sekä syöttötariffijärjestelmän vauhdittamana. Koska tuulivoimaloiden asentaminen erityisesti Ruotsiin on alentanut sähkönhintaa Pohjoismaissa (Suomen spot-hinta vuonna 2015 oli alle 40 €/MWh) ja markkinaehtoiset investoinnit tuulivoimaan vaativat vähintään 60 €/MWh hintatasoa, tämänhetkinen hintataso ei tue markkinaehtoisia investointeja sähköntuotantoon, eikä myöskään tue 83,5 €/MWh syöttötariffitason jatkamista.

Mikäli tuulivoimaloiden tuotanto voitaisiin ennustaa riittävän tarkasti, niin tällöin syöttötariffimekanismin sijaan tuulivoimaa voitaisiin ostaa tuotantotakuun tai esimerkiksi huutokauppa-mekanismin määrittämällä kiinteällä hinnalla, jossa mahdollinen tuotantotuki määrittäisi kalleimman mukaan otetun tarjouksen hintatason perusteella. Tämä estäisi ylisuuren syöttötariffin maksamisen ja mahdollistaisi markkinaehtoiset investoinnit esimerkiksi tuulivoiman rakentamiseen Suomessa lähivuosien aikana (STY 2016). Tuulivoimainvestointien rahoittamiseen tuotiin esille myös joukkovelkakirjalainat, joilla voitaisiin kerätä paikallista pääomaa ja omistajuutta tuulipuistoille.

4.2 Regulaation haasteet ja työpajan ratkaisuehdotukset

Tuulivoiman edistäminen Suomessa tarvitsee vielä tuekseen liiketoimintamalleja, jotka edesauttavat markkinaehtoisten investointien toteuttamista kuvassa 1 esitettyjen tuotantokustannusten alentumisen lisäksi. Tähän liittyen esimerkiksi hiiliveron käyttöönotto voisi edesauttaa investointeja tuulivoimaan, mikäli se samalla poistaa saastuttavaa sähköntuotantokapasiteettia markkinoilta ja nostaa näin sähkön markkinahintaa. Lisäksi yllämainittu huutokauppa-mekanismi ei saisi käyttää kiinteää tukitasoa, vaan sen tulisi perustua esimerkiksi kalleimman mukaan otetun tarjouksen hintatasoon.

Tällä hetkellä tuulivoimaprojektien kokonaiskesto on useita vuosia, ja lisäksi projektien kokonaiskesto on riippuvainen valituskierrosten kestosta. Tuulivoiman edistäminen hyötyisi prosessin suoraviivaistamisesta valituskierrosten vaikutusten osalta. Kuntien osalta selvitys mahdollisuudesta, tai jopa velvoite, ostaa paikallisesti tuotettua uusiutuvaa energiaa voisi myös edesauttaa tuulivoimaloiden kaavoittamista sekä projektien läpiviemistä.

Säätelyn kehittämisellä voitaisiin myös edesauttaa pienmuotoisen sähköntuotannon ja virtuaalisten mikroverkkojen kehittämistä. Tällöin tuulivoimalat, aurinkosähkön tuottajat sekä normaalit kuluttajat voisivat muodostaa ”energiayhteisöjä”, joissa käytettäisiin automaattisia kysyntäjoustoratkaisuja tuotannon ja kulutuksen pitämiseksi tasapainossa. Regulaation ja tukimekanismien avulla voitaisiin jatkossakin edistää erilaisia pilottihankkeita, josta esimerkkinä voisi olla suuren tuulipuistoalueen (n. 50 km²) alueen rakentaminen Lappiin.

5 Tuulivoiman hyväksyttävyyys ja mahdolliset ratkaisut

Aurinkosähkövoimalaan verrattuna tuulivoimalan tai -puiston rakentaminen koskettaa laajempaa ihmisjoukkoa, minkä vuoksi tuulivoiman paikallisella hyväksyttävyydellä on suuri merkitys tuulipuistojen rakentamiselle. Paikallinen väestö olisikin hyvä saada mukaan tuulivoimaloiden omistajiksi/tuotetun energian käyttäjiksi, jotta he kokisivat saavansa hyötyä tuulivoimalan rakentamisesta. Tähän liittyen paikallisten osuuskuntien toimiminen tuulivoimalan osaomistajana edesauttaisi projektien edistymistä.

Lisäksi tuulivoima-ala voisi hyötyä julkisuudessa aktiivisesti esillä olevista asiantuntijoista ja kansalaisista, jotka kertoisivat tuulivoiman sekä automaattisten kysyntäjoustoratkaisujen hyödyntämisestä. Tällöin energiansäästön lisäksi tulisi tutuksi energiajärjestelmässä esillä oleva murros tehon käyttämisestä oikealla hetkellä, mistä tämänhetkisiä esimerkkejä ovat Vattenfallin Energiaperhe ja Helenin Lämpölupaus -mainoskampanjat.

6 Yhteenveto

Tuulivoiman rooli ei ole vielä yhtä merkittävä Suomessa kuin Ruotsissa. Tuulivoiman osuus Suomen sähkönkulutuksesta on kuitenkin kasvamassa hallituksen tavoitteen ollessa 9 terawattitunnin vuosituotanto vuonna 2025, ollen alle kymmenen prosenttia arvioidusta kokonaiskulutuksesta. Delfoi-kyselyyn vastanneet odottavat tuulivoiman osuuden olevan selvästi yli kymmenen prosenttia Suomen sähköntarpeesta 2030-luvulla. Tuulivoiman käytännön kehittyminen Suomessa tulee tuotantokustannusten (LCOE, €/MWh) laskun lisäksi paljolti riippumaan valtion tavoitteista ja ohjauskeinoista päästövapaiden energiantuotantotapojen edistämiseksi. Mikäli tuulivoiman globaali yleistyminen jatkuu ja hintataso laskee odotetusti, tämä voi edesauttaa myös merituulivoiman yleistymistä myös Suomessa.

SET-hankkeen työpajassa tuotiin esille useita ehdotuksia tuulivoiman käyttöönoton laajentamiseksi Suomessa. Säädösten sekä positiivisten esimerkkien avulla voitaisiin tuulivoimaa tehdä vielä nykyistä tutummaksi sähköntuotantotavaksi erityisesti paikallistasolla. Lisäksi tuulivoimaloiden ja -puistojen paikallista omistajuutta tulisi tukea, sillä tämä edesauttaisi tuulivoimaprojektien yleistä hyväksyttävyyttä.

Lähteet

BASREC. 2012. Conditions for deployment of wind power in the Baltic Sea Region, Strategic Outline offshore wind promotion.

Cleantech Finland. 2016. Saatavissa: <http://www.cleantechfinland.com/-/finland-leading-eu-renewables-push-only-country-exceeding-2020-targets-and-average-increase?inheritRedirect=true>

Eurostat. 2016. Saatavissa: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_from_renewable_sources#Database

ET. 2016. Energiatietoa ry., Tilastot ja julkaisut. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut>

EWEA. 2003. Wind energy: the facts. Volume 1: technology. European Wind Energy Association. Saatavissa: www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WETF/Facts_Volume_1.pdf

Fraunhofer ISE. 2013. Levelized cost of electricity renewable energy technologies. Fraunhofer ISE. Saatavissa: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf>

GWEC. 2014. Global Wind Energy Outlook 2014. Global Wind Energy Council. Saatavissa: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf

GWEO. 2016. G Global Wind Energy Outlook 2014. Global Wind Energy Council.

Hyötytuuli. 2016. Merituulivoima. Saatavissa: <http://hyotytuuli.fi/merituulivoima/>

IEA. 2014. World Energy Investment Outlook. International Energy Agency. Saatavissa: www.iea.org

IRENA. 2012. Renewable energy technologies: cost analysis series Volume 1: Power Sector, Wind Power. International Renewable Energy Agency. Saatavissa: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf

MOFAOD. 2014. Finland: Wind Energy. Sector Analysis. Ministry of Foreign Affairs of Denmark, the Trade Council.

OSF. 2014. Official Statistics of Finland (OSF): Production of electricity and heat [e-publication]. ISSN=1798-5099. Helsinki: Statistics Finland. [viitattu: 2.8.2016].

Pöyry. 2016. EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteutuminen. Pöyry Management Consulting Oy. Saatavissa: http://tietokaytoon.fi/documents/10616/2009122/28_EU+2030.pdf/c56de1eb-1790-49a3-ac52-762e2d34bbef?version=1.0

SET. 2016. Smart Energy Transition Delfoi-kysely. Saatavissa: <http://www.smartenergytransition.fi/>

SET. 2016. Smart Energy Transition Project workshop, 06.06.2016. Helsinki.

STY. 2016. Wind power projects in Finland, updated 6/2016. Suomen tuulivoimayhdistys. Saatavissa: http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/888-sty_projects_5_2016_2_6_2016.xlsx

STY. 2016. Ajankohtaista. Saatavissa: http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/ajankohtaista/2549/mika_ihmeen_huutokauppa_-_mita_tuotantotuen_teknologianeutraali_kilpailutus_tarkoittaa

WEC. 2013. World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050. World Energy Council. Saatavissa: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/World-Energy-Scenarios_Composing-energy-futures-to-2050_Executive-summary.pdf

Tätä raporttia ovat olleet valmistelemissa ja kirjoittamassa Tero Ahonen (Lappeenrannan teknillinen yliopisto) ja Igor Dukeov (Lappeenrannan teknillinen yliopisto). Työpajassa tuulivoimakeskustelun fasilitaattorina toimi lisäksi Mikko Jalas (Aalto-yliopisto) ja kirjuriina Suvu Kinnarinen (Aalto-yliopisto).

Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET) -hankkeeseen (293405) (www.smartenergytransition.fi). SET-hanke tutkii, miten Suomi voi hyötyä hajautetun ja vaihtelevan uusiutuvan energian ympärille nousevista murroksellisista teknologioista. Kyse on ratkaisuisista, joissa energiaa voidaan varastoida tai sen tarvetta ohjata vaihtelevan tuotannon mukaan (kysyntäjousto). Näihin ratkaisuihin liittyvät olennaisesti uudet digitaaliset ratkaisut, kuten esineiden internet. Samalla murrokseen liittyy myös kehitys, jossa rakennusten ja liikenteen energian tarve pienenee, energiaomavaraisuus kasvaa, ja rakennukset ja liikennevälineet muodostavat yhä kiinteämmän osan energiajärjestelmää.



ISBN 978-952-60-7193-0 (pdf)
 ISSN-L 1799-4950
 ISSN 1799-4950 (painettu)
 ISSN 1799-4969 (pdf)

Aalto-yliopisto
Kauppakorkeakoulu
Johtamisen laitos
www.aalto.fi

**KAUPPA +
 TALOUS**

**TAIDE +
 MUOTOILU +
 ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
 TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
 DISSERTATIONS**