

Johtamisen laitos

Merituulivoiman demonstraatiohanke

Eva Heiskanen

Mikko Jalas

Liisa Kallio

Merituulivoiman demonstraatiohanke

Eva Heiskanen

Mikko Jalas

Liisa Kallio

Aalto-yliopiston julkaisusarja
CROSSOVER 5/2020

© 2020 Eva Heiskanen, Mikko Jalas
Liisa Kallio

ISBN 978-952-60-8972-0 (pdf)
ISSN 1799-4969 (pdf)

www.smartenergytransition.fi

Unigrafia Oy
Helsinki 2020

Strateginen tutkimus - Suomen Akatemia

Tekijä

Eva Heiskanen, Mikko Jalas ja Liisa Kallio

Julkaisun nimi

Merituulivoiman demonstraatiohanke

Julkaisija Kauppakorkeakoulu**Yksikkö** Johtamisen laitos**Sarja** Aalto-yliopiston julkaisusarja CROSSOVER 5/2020**Tutkimusala** Energiatutkimus**Kieli** Suomi**Tiivistelmä**

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

Merituulivoiman demonstraatiohankeessa on tarkoitus demonstroida Itämeren olosuhteisiin sopivia tuulivoimala- ja perustusratkaisuja, jotka mahdollistavat tulevaisuudessa laajamittaisen merituulivoimarakentamisen Itämeren jääolosuhteissa. Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) kilpailutti tuettavan hankkeen, johon tuli kahdeksan kokeiluehdotusta. Rahoitettavaksi kokeiluhankkeeksi valittiin Suomen Hyötytuuli Oy:n Porin Tahkoluotoon suunnittelema tuulivoimapuisto. TEM myönsi hankkeen toteuttamiseen 20 miljoonaa euroa investointitukea. Tuen myöntämisen vaatimuksena on, että tuen saajan on jaettava tietoa muille merituulivoiman hankekehittäjille merituulivoimalan rakentamisesta, käytöstä ja huollosta. Valitussa hankkeessa merkittävänä pidettiin meriperustusten testaamista käytännössä, myös jääoloissa.

Valtion näkökulmasta tärkeä onnistumisen kriteeri on ollut se, että hankkeelle löydettiin uskottava toteuttaja ja että tähän saakka suunnitelmissa on pysytty. Onnistumisen tärkein kriteeri on ollut se, että Suomeen saadaan 40MW meriperustuksille rakennettu tuulipuisto. Hakuprosessia voidaan pitää onnistuneena, koska hakemuksia saatiin usealta pätevältä konsortiolta. Myös tiedonjakotavoite on tärkeä osa demonstraatiotukea, ja tietoa on jaettu alan verkostoissa.

Tuulipuiston on vielä tämän raportin kirjoitushetkellä rakenteilla, mutta mukana olevat yritykset sekä muut alan asiantuntijat uskovat, että hankkeesta syntyy tärkeää tietoa jääolosuhteiden hallinnasta pohjoisissa merituulipuistoissa. Myös talviaikaiseen huoltoon on kehitetty ratkaisuja. Teknisten ongelmien lisäksi hankkeessa on ratkottu merituulivoiman rakentamisen taloudellisia ja sopimusteknisiä ongelmia. Hankintaketjujen järjestäytyminen ja niissä oppiminen on tärkeää toteutuksen kustannustehokkuuden kannalta.

Alan toimijoiden mielestä hanke luo uskoa, että merituulipuistoja voidaan toteuttaa Suomessa kustannustehokkaasti. Tämä on tärkeää sijoittajien, hankekehittäjien ja projektien alihankintaketjujen järjestäytymisen kannalta. Demonstraatiohanke nostaa esiin myös hallinnollisia haasteita ja edistää niiden ratkaisemista, varsinkin mikäli pian sen jälkeen saadaan uusia merituulivoimahankeita liikkeelle. Kilpailutettu demonstraatiohanke ei poista kaikkia merituulivoiman lisärakentamisen haasteita. Siksi demonstraatiohankkeiden ajoitus suhteessa toimintaympäristön tarjoamiin mahdollisuuksiin on erittäin tärkeää: se voi tuottaa uusia hankkeita, mikäli toimintaympäristö on muilta osin suotuisa toiminnan kaupalliselle laajentamiselle.

Avainsanat merituulivoima, tuulivoima, energiamurros, energiaratkaisu, kokeilu, osaaminen**ISBN (painettu)****ISBN (pdf)** 978-952-60-8972-0**ISSN (painettu)****ISSN (pdf)** 1799-4969**Julkaisupaikka** Helsinki**Painopaikka** Helsinki**Vuosi** 2020**Sivumäärä** 24

Merituulivoiman demonstraatiohanke

Eva Heiskanen, Helsingin yliopisto

Mikko Jalas, Aalto-yliopisto

Liisa Kallio, Helsingin yliopisto

Julkaistu: 16.10.2017

Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittama Smart Energy Transition –hanke viitoittaa, millä toimialoilla ja miten Suomi voi menestyä globaalissa energiamurroksessa. Tämän julkaisun kirjoittajat kiittävät Suomen Akatemiaa tuestaan Smart Energy Transition –hankkeelle (293405).

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Hankkeen tausta, tavoite ja toteutus	2
Tausta ja tavoitteet.....	2
Demonstraatiohankkeen kilpailutuksen ja toteutuksen kulku	3
Kilpailutuksen ratkaisu ja Suomen Hyötytuuli Oy:n hanke	5
3 Oppiminen hankkeessa.....	6
Valtionhallinnon odotukset ja kokemukset kilpailutetusta demonstraatiotuesta	6
Hankkeen toteutuksen edellyttämä osaaminen ja sen lähteet	7
Hankkeen tuottama uusi osaaminen.....	8
Jäljelle jääviä ongelmia, joita hanke ei ratkaise	9
4 Osaamisen siirto: viestintä, dokumentointi ja tiedonkulku	10
6. Yhteenveto	11
Lähteet	13

1 Johdanto

Tämä case-tutkimus liittyy Suomen akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET)-hankkeeseen (www.smartenergytransition.fi). SET-hanke tutkii, miten Suomi voi hyötyä hajautetun ja vaihtelevan uusiutuvan energian ympärille nousevista murroksellista teknologioista. Kyse on ratkaisuihin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa ja joissa energian tarvetta voidaan ohjata vaihtelevan tuotannon mukaan (kysyntäjousto) tai energiaa voidaan varastoida. 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.

Kokeilut ja pilotit ovat yksi tapa rakentaa uuteen energiajärjestelmään liittyvää osaamista. Kokeilut onkin mainittu Sipilän hallituksen hallitusohjelmassa (Hallitusohjelma 2015) tärkeänä uutena keinona edistää innovatiivisuutta ja yrittäjyyttä, parantaa palveluja sekä vahvistaa alueellista ja paikallista päätöksentekoa. SET-hankkeen osahanke 4 (Kokeiluista oppiminen) tutkii, miten uuden energian kokeiluista voitaisiin oppia enemmän. Kokeiluina tässä tarkastellaan kotimaisia demonstraatiohankkeita, pilotteja, koerakentamis-hankkeita, muita kokeiluja ja varhaisia käyttökokeimuksia uusien energiaratkaisujen soveltamisesta erityisesti rakennuksissa, rakennetuissa ympäristöissä ja liikenteessä. Tällaisista kokeiluista on koottu yli 100 hankkeen tietopankki, joka löytyy osoitteesta: <http://energiakokeilut.fi>

SETin osahankeessa 4 tehdään 20 tapaustutkimusta, joissa tutkitaan, miten kotimaisista demonstraatioista, piloteista, kokeiluista ja varhaisista käyttökokeimuksista voitaisiin oppia erityisesti sen suhteen mitä osaamisia energiamurroksessa tarvitaan ja mitä osaamisia toimintaympäristöstä puuttuu. Erityisen kiinnostuksen kohteena ovat suunnitteluun, asentamiseen, käyttöönottoon, käytettävyyteen, käyttöön ja huoltoon liittyvät osaamiset. Tavoitteena on analysoida kokeiluja sen suhteen, mitä osaamista kokeiluissa tarvitaan ja minkälaista osaamista kokeiluissa huomataan puuttuvan. Tuloksia voidaan hyödyntää koulutuspolitiikassa, käyttöliittymämuotoilussa ja palvelumuotoilussa. Lisäksi pyrkimyksenä on, että julkisesti rahoitetusta kokeilutoiminnasta voitaisiin oppia nykyistä enemmän ja systemaattisemmin, erityisesti teknologiapolitiikassa, energiapolitiikassa ja liikennepolitiikassa. Kaikkien 20 tapaustutkimuksen tulokset vedetään tätä tarkoitusta varten yhteen ja analysoidaan niistä nousevia oppimisen ja osaamisen haasteita ja mahdollisuuksia.

Tämä tapaustutkimus tutkii oppimista vuonna 2014 järjestetystä merituulivoiman demonstraatiolaitoksen kilpailutuksesta sekä kilpailun voittaneen Suomen Hyötytuuli Oy:n hankkeen toteutuksesta kevääseen 2017 asti. Tapaus tarjoaa ensikokemuksia sekä Suomessa uudenlaisesta tuulivoimatuotannosta että Suomessa uudenlaisesta tukimuodosta, eli kilpailutetusta demonstraatiotuesta. Tutkimus perustuu hankkeen dokumentteihin (mm. taustaselvitys ja kilpailutusasiakirjat), kilpailutuksen voittaneen yrityksen viestintään sekä kuuteen hankkeen kanalta keskeisen toimijan haastatteluun. Haastateltavat edustavat työ- ja elinkeinoministeriötä, kilpailutuksen voittanutta yritystä sekä muita alalla toimivia yrityksiä.

2 Hankkeen tausta, tavoite ja toteutus

Suomessa pyritään kehittämään uusiutuvan energian julkista tukea sekä kustannustehokkaammaksi että innovatiivisia ratkaisuja suosivaksi (TEM 2016). Tästä ensikokemuksia tarjoaa merituulivoiman demonstraatiolaitoksen kilpailutettu tuki, jota työ- ja elinkeinoministeriö on pilotoinut vuonna 2014 alkaneessa hankkeessa. Seuraavassa kuvataan kilpailutetun demonstraatiotuen tausta ja tavoitteet, kilpailutuksen kulku sekä sen ratkaisuna syntynyt hanke.

Tausta ja tavoitteet

Meriolosuhteisiin rakennettavaa tuulivoimaa on pidetty lupaavana vaihtoehtona rakentaa suuria puistokokonaisuuksia niissäkin olosuhteissa, joissa tuulivoiman rakentaminen maalle on kiistanalaista tai rakentamiselle ei löydy sopivia paikkoja. Merelle rakentamisen toinen etu on se, että meriolosuhteissa tuuli on keskimäärin voimakkaampaa ja tasaisempaa kuin maa-alueilla. Merituulivoima-alueita on kansainvälisesti toteutettu jo 1990-luvulla. Vuonna 2000 Kööpenhaminan edustalle toteutettu 40MW:n Middelgrundenin puistokokonaisuus oli valmistuessaan maailman suurin merituulivoimahanke. 2000-luvulla Iso-Britannia on pitkään ollut merituulivoimarakentamisen kärkimaita. Vuoden 2012 lukuihin perustuen alan kasvupotentiaalia ja suomalaisten yritysten vientipotentiaalia pidettiin erittäin hyvänä: EU:n alueella rakennettiin yhteensä 18 merituulivoimapuistoa, joiden investointikustannusten arvioitiin olevan yhteensä noin 4 miljardia euroa (Sundelin ja Putkonen 2013).

Suomen rannikon rakentamisolosuhteet poikkeavat merkittävästi niistä olosuhteista, joihin merituulivoimaloita on jo pystytetty. Suomen rannikon vesialue on olennaisesti matalampaa ja jonkin verran vähätuulisempaa. Suurin poikkeus on kuitenkin merialueen jäätyminen. Ahtojäiden aiheuttamasta rasituksesta perustusrakenteille ja voimalan tekniikalle on vielä vähän tietoa. Toinen merkittävä seikka on huoltoyhteyksien toteuttaminen voimaloille talven aikana. Vaikka Suomessa on rakennettu muutamia voimaloita matalalle vesialueelle tehdyille keinosaarelle, varsinaisia off-shore voimaloita Suomeen ei ole toteutettu kuin yksi Suomen Hyötytuuli Oy:n vuonna 2010 Porin edustalle rakentama 2,3 MW laitos. Tämän lisäksi tuulivoimalan kotimaiset toimijat ovat yhteistyössä kokeilleet merirakentamista Suomen rannikon jääolosuhteissa pystyttämällä koetornin Kemian edustalle. Merituulivoimaan kohdistuneista odoituksista kertoo se, että Suomen tuulivoimayhdistyksen vuonna 2013 esittämien tietojen mukaan Suomessa oleva merituulivoimahankkeiden yhteenlaskettu projektikanta vastasi teholtaan 3 000-4800 MW:a. (Sundelin ja Putkonen 2013). Merituulivoimarakentamisen käyntiin saattamisen katsottiin kuitenkin tarvitsevan kohdennettua tukea.

Merituulivoiman kilpailutetun demonstraatiotuen kokeilua voidaan pitää tarkasti suunnattuna ja suunnitelmallisena. Hankkeen valmistelua varten työ- ja elinkeinoministeriö teetti vuosina 2012-2013 selvityksen alan mahdollisuuksista ja kehitystarpeista Suomessa. Selvitystyö (Sundelin ja Putkonen 2013) perustuu alan suomalaisten toimijoiden haastatteluihin ja alan kansainvälisen kehityksen tarkasteluun. Selvityksessä yksilöitiin demonstraatiohankkeen kautta saavutettavissa olevia oppimistavoitteita ja hanke sijoitettiin laajempaan suomalaisen

merituulivoimaklusterin kehittämisen kokonaisuuteen. Työ- ja elinkeinoministeriöstä keskeisinä suunnittelijoina ovat olleet Pekka Grönlund, Anja Liukko ja Juho Korteniemi. Ministeriön edustajat ovat koonneet tietoa ja keskustelleet demonstraatiohankkeesta muun muassa tanskalaisten kollegojensa kanssa. Tämän lisäksi kokeilun suunnittelun taustaksi teetettiin selvitys Prizztech Oy:llä. Ministeriön näkökulmasta kilpailutetun demonstraatiotuen kokeilun ensisijainen tavoite on ollut luoda sellaista osaamista, jonka avulla merituulivoima voi olla merkittävä osa suomalaista energiajärjestelmää vuonna 2030.

Toinen hankkeen valmistelun kannalta tärkeä tekijä oli tuen hakemisen ja myöntämisen prosessi. Hankkeeseen liittyvää kilpailutusprosessi piti valmistella huolella ja niin, että se täyttää avoimuuden ja tasapuolisuuden vaatimukset. Suomessa ei tätä ennen ollut myönnetty energiatukia kilpailutuksen perusteella. Kokeilun kohteena olisi siis rakentamisen ohella valtionhallinnon tapa kohdentaa tukia ja toteuttaa kilpailutettua, demonstroivaa hankekehitystä.

Demonstraatiohankkeen kilpailutuksen ja toteutuksen kulku

Merituulivoiman kokeiluhankkeen ensimmäisen vaiheen muodosti hankekehittäjien avoin kuumeminen vuosina 2011-2012. Tämän jälkeen vuonna 2013 hanke eteni seuraavien vaiheiden kautta

- Ministeriön linjaukset ja ohjeistus 6/2013
- Merituulivoiman demonstraatiotuen yleinen haku 6–9/2013
- Hakemusten käsittely 10–12/2013
- Lisätietopyynnöt 3/2014
- Hakijat toimittavat lisätietoja hankkeesta 3/2014–9/2014
- Hakemusten jatkokäsittely 10-11/2014
- Päätös energiatuen myöntämisestä 12/2014
- EU:n valtiontukikäsittely 2/2014–6/2015

Valtion vuoden 2014 talousarvioon varattiin 20 milj. € merituulivoiman demonstraatiohankkeeseen, jonka tarkoituksena oli käynnistää yksi merituulivoimapuistohanke. Tuki kilpailutettiin kahdessa vaiheessa: ensimmäinen vaihe käynnistyi avoimella tiedotustilaisuudella, jonka tarkoituksena oli saada kilpailuun mukaan suuri määrä toimijoita. Yleisötilaisuus, joka pidettiin ensimmäisen hakukierroksen alkaessa, olikin menestys. Tilaisuuteen osallistui suuri määrä tärkeitä teknologiatoimijoita. Määrittely oli tässä vaiheessa melko väljä. Hakemusten tuli täyttää seuraavat vaatimukset: kyseessä on merelle suunniteltu useamman tuulivoimalan kokonaisuus, hankkeen ympäristövaikutusten arviointi on tehty ja hankkeen toteuttamiseen tarvittava alue on varattu. Toiseen vaiheeseen kutsuttiin mukaan ne hankkeet, jotka täyttivät muodolliset vaatimukset. Näin valittuja kahdeksaa hanketta pyydettiin täydentämään hakemuksiin niin, että hankkeet olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia.

Kaksivaiheinen kilpailutus antaa mahdollisuuden sille, että toteutus muuttuu jonkin verran kilpailutuksen aikana. Tuen rahoittaja hyväksyi sellaiset muutokset, joiden perusteena oli esi-

merkiksi täsmentynyt tieto toteutettavuudesta tai kustannuksista. Tämän aktiivisemmin ministeriö ei kuitenkaan hankkeita voinut uudelleensuunnata, vaan toteutuksen oli pysyttävä alkuperäisen suunnitelman puitteissa. Yleisenä kaikkia toiseen vaiheeseen päässeitä hankkeita koskevana muutoksena hallitus esitti, että merituulivoiman kokeiluhanke voidaan hyväksyä tuulivoimalla tuotetun sähkön syöttötariffijärjestelmään, vaikka valtio olisi myöntänyt niiden rakentamiseen myös investointitukea (Työ- ja elinkeinoministeriön tiedote 20.3.2014). Tämä muutos on vaikuttanut hankkeiden kannattavuuteen olennaisesti ja ollut ilmeisesti välttämätön, jotta demonstraatiohanke voidaan toteuttaa. Epävarmuus syöttötariffista haittasi ja viivästytti hakijoiden projektisuunnittelua.

Kilpailutuksen tuloksena tuki myönnettiin Suomen Hyötytuuli Oy:lle. Myöntämispäätöstä perusteltiin sekä teknologian kehittämisen näkökulmasta että tuulivoimarakentamisen näkökulmasta. Lisäksi myöntökriteerinä oli hankkeen toteutettavuus, ottaen huomioon muun muassa rahoituksen, riittävän kannattavuuden sekä yrityksen osaamisen. Teknologian kehittämisen kannalta etenkin Suomen mataliin rannikkovesiin ja talvisiin jääolosuhteisiin soveltuvan perusratkaisun kehittämistä pidettiin tärkeänä ja Suomen Hyötytuulen hankkeen erityisenä ansiona. TEM:in näkökulmasta oli siis tärkeää, että perusratkaisu edustaisi uutta ja Suomen olosuhteissa kokeilematonta tekniikkaa.¹ Toisaalta TEM:n näkökulmasta hankkeen tuli olla myös kustannustehokas: tuella piti saada riittävän merkittävä hanke käyntiin ja sen ehdoissa rajattiinkin, että tuki voi olla enintään 18,5 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Toisaalta päätöstä perusteltiin myös sillä, että hanke ei saisi olla liian iso, koska tällöin tukimääräraha ei riittäisi kalliimpien meriperustusten kokeilemisen lisäkustannusten kattamiseen. Näitä kriteereitä käyttäen demonstrointihakkeen kokonaisbudjetiksi tuli noin 100 miljoonaa euroa.

TEMin kannalta prosessia pidetään tähän saakka onnistuneena. Kilpailutukseen saatiin mukaan useita toteuttamiskelpoisia hankkeita. Suomen Hyötytuulen lisäksi demotukea hakivat Rajakiiri Oy (Tornio/Röyttä), Propel Voima Oy ja Lumituuli Oy (Oulunsalo/Hailuoto), Innopower Oy (Kemi/Ajos ja Kokkola), Mervento Oy (Kokkola) ja Suomen Merituulivoima Oy (Siipyy). Julkisesti rahoitetuissa kokeilussa ei EU-komission valtiontukia koskevan sääntelyn perusteella voida suosia kotimaisia toimittajia, mutta tästä huolimatta ministeriön mielestä perustustekniikan, merikuljetusten, aluskannan ja huoltotoiminnan ympärillä on paljon liiketoimintamahdollisuuksia kotimaisille toimijoille. Vaikka esimerkiksi kotimaisen turbiinotoimittajan sisältänyt hakemus karsiutui pois, toteutuva kokeilu ja siihen liittyvä hakemus sisältävät ministeriön näkökulmasta runsaasti toisilleen vieraiden uusien toimijoiden yhteistyötä.

¹ Ministeriön rahoittama taustakartoitus 'Strateginen selvitys Suomen merituulivoimaliiketoiminnan kehittämiseksi' on voinut olla merkittävä kokeilua suuntaava dokumentti. Se on kuitenkin julkaistu marraskuussa 2013. Julkaisuaikajankoa sijoittuu siten, että ainakaan lopullisessa muodossaan tärkeä taustaselvitys ei ole ollut hankekehittäjien tiedossa.

Kilpailutus sisälsi vaatimuksen kokemusten jakamisesta alan toimijoiden keskuudessa. Tämä määriteltiin tiedonjakamisveloitteena suunnittelu ja rakentamisvaiheen aikana. Hakijoilta vaadittiin suunnitelma sekä jaettavan tiedon sisällöstä että jakelukanavista. Tärkeimpänä vaatimuksena oli loppuseminaari, jossa käytäisiin läpi hankkeen toteutusta. Kokeilun rahoittajien näkökulmasta olemassa oleva verkkosivusto toteuttaa jo tässä vaiheessa hyvin tiedonjakamisveloitetta (<http://hyotytuuli.fi/merituulivoima/>). Ministeriön mukaan muodollisia veloituksia tärkeämpi asia voi kuitenkin olla alan toimijoiden keskuudessa leviävä osaaminen. Hankkeen oppimien hyödyntäminen nojaa myös siihen että ihmiset ja tieto liikkuvat organisaatioiden välillä joka tapauksessa. Toisin sanoen, kokeilun järjestäjän ei tässä tapauksessa ole katsonut mahdolliseksi tai tarpeelliseksi määrittellä tarkkaan sitä, minkälaista avointa tietoa ja miten jaettuna hankkeen pitäisi tuottaa. Tällaiset yksilöidyt vaatimukset joka tapauksessa rajautuisivat niin, että liikesalaisuuksina pidettäviä yksityiskohtia ei voida vaatia julkaistavan.

Tukipäätökseen liittyy velvoite raportoida hankkeesta julkisesti kaksi vuotta tuen viimeisen maksuerän jälkeen. Merituulivoimaloiden huollosta tai laitteiston kestosta meriolosuhteissa ei tänä aikana ehditä saada kattavia kokemuksia, mutta toisaalta perustekniikan kokeilemisen kannalta suunnittelu ja rakentaminen ovat olennaisia vaiheita. Turbiinien suunnitteluun demonstrointihankkeilla on enintään epäsuoria vaikutuksia (kuten huoltovarmuus) eikä kokemusten kerääminen niistä ole hankkeen keskiössä. Varsinaisen raportointi- ja seurantajakson jälkeen tuen saaja on velvollinen ylläpitämään toimintaa.

Kilpailutuksen ratkaisu ja Suomen Hyötytuuli Oy:n hanke

Merituulivoimademonstraatiotuen muodolliset hakukriteerit määrittivät kokeilun suuntaa. Energiatukihakemusten käsittelyssä ja vertailussa sekä tuen myöntämistä koskevassa päätöksenteossa ilmoitettiin painotettavan toisaalta merituulivoiman rakentamisen, käytön ja huollon edistämistä Suomen olosuhteissa ja uutta teknologiaa sekä toisaalta hankkeen taloudellisuutta ja toteutettavuutta.

Aiempi taustaselvitys merituulivoimademonstraatiopuistosta (Sundelin ja Putkonen 2013) listasi useita oppimismahdollisuuksia. 'Jäätävän meren gravitaatiojalusta' 'Erikoisaluksia, innovaatioita mataliin vesiin, jääolosuhteisiin ja työturvallisuuteen' olivat kaksi yksittäistä Itämeren alueen tuulivoimarakentamisen kannalta merkittävintä aluetta. Globaalien markkinoiden kannalta mm. turbiinien vaihteettomia kestopagneettimoottoreita ja betonivalutekniikan kehittämistä pidettiin myös tärkeänä.

Suomen Hyötytuuli Oy voitti kilpailutusprosessin ja pääsi käynnistämään Suomen ensimmäisen merituulivoima puistohankkeen Porin Tahkoluodossa vuonna 2015. Kymmenestä 4 MW turbiinista koostuva puisto on otettu käyttöön elokuussa 2017. Yhtiön verkkosivujen mukaan pystytyspaikkojen maarakennustyöt on saatu aikataulunmukaisesti valmiiksi vuoden 2016 syksyn aikana ja teräsrakenteisia kasuuniperustuksia valmistetaan talven 2016-2017 aikana. Voimaloiden pystytys ajoittuu kesäkauteen 2017. Kehitteillä olevasta aluskannasta yhtiö ei

julkisesti anna tarkempaa tietoa. Jääolosuhteiden vaikutuksia meriperustuksiin voidaan simuloida suunnitteluvaiheessa, mutta käytännössä tästä saadaan kokemuksia vasta voimaloiden valmistuttua ja jäätilanteen mukaan.

3 Oppiminen hankkeessa

Seuraavassa tarkastellaan ensin valtionhallinnon kokemuksia kilpailutetusta demonstraatiotuesta ja siitä opituista asioista. Sitten tarkastellaan hankkeen toteutuksen edellyttämää osaamista ja sen lähteitä. Tämän jälkeen luodaan katsaus hankkeen tuottamaan uuteen osamiseen. Lopuksi tuodaan esiin joitakin merituulivoiman lisärakentamisen ongelmia, joita demonstraatiohanke ei poista.

Valtionhallinnon odotukset ja kokemukset kilpailutetusta demonstraatiotuesta

Demonstraatiohankkeen keskeiseksi oppimisalueeksi on muodostunut energiatukien kilpailuttaminen. Energiatukien kilpailuttamisesta ei Suomessa ollut juurikaan aiempaa kokemusta ja ministeriön näkökulmasta kilpailutukseen jouduttiinkin lähtemään ilman koeteltua toimintatapaa. Demonstraatiotuen jälkeen hallituksen ohjelmaan tulleet kärkihankkeet soveltavat merituulivoiman demonstraatiotuesta saatuja oppeja energiatuen uudistamiseksi. Energiakärkihankkeissa painopiste on uudessa teknologiassa ja hankkeiden kilpailutukseen on muun muassa kehitetty Taulukossa 1 esitetyt kriteerit (Grönlund 2016).

Taulukko 1: Energiakärkihankkeiden kriteerit

Kriteerit	Arvioitavat tekijät
Hankkeen demonstraatioarvo	Teknologian uutuusarvo Teknologian/hankkeen monistettavuus
Hankkeen energiavaikutukset	Tuotettava tuote (esim. biopolttoaine, sähkö, lämpö) Tuotettava energiamäärä
Hankkeen kustannustehokkuus	Investoinnin koko / tuotettava energiamäärä Tarvittava tukimäärä / tuotettava energiamäärä
Hankkeen toteutettavuus	Yrityksen tausta, osaaminen ja aiemmat hankkeet Hankkeen aikataulu Investoinnin koko suhteessa yrityskokoon Rahoitussuunnitelma ja sen uskottavuus
Hankkeen muut vaikutukset	Ympäristövaikutukset Työllisyysvaikutukset Muut vaikutukset

Hankkeen toteutuksen edellyttämä osaaminen ja sen lähteet

Muulla Euroopassa on toteutettu useita suuria merituulipuistoja, mutta ei vastaavia kilpailutettuja demonstraatiohankkeita. Tahkoluodon hankkeen edellyttämä ja siltä odotettu uusi osaaminen liittyvät ennen kaikkea merituulivoiman toteuttamiseen Suomessa, jossa talvi-, meri- ja jääolosuhteet poikkeavat esimerkiksi Pohjanmeren vastaavista.

Suomen Hyötytuulen pilottivoimala Porin edustalla on toiminut vuodesta 2010. Perustusten kestävydestä on siis kertynyt useiden vuosien kokemuksia ja mittauksia. Suomen Hyötytuuli Oy on myös aiemmin ollut mukana Kemin edustalle tehdyn koetornin rahoittamisessa yhdessä muiden yhtiöiden kanssa. Lisäksi kokemuksia on kertynyt Ajoksessa sijaitsevilta keinosaarille rakennetuista tuuliturbiineista.

Voimalatyyppin ja toimittajan suhteen on turvauduttu vakiintuneisiin ratkaisuihin. Voimalat toimittaa alan markkinajohtaja Siemens. Kyseistä voimalatyyppiä on asennettu merelle lähes 2000 kappaletta ja Siemens on asentanut samaa voimalatyyppiä myös Suomeen. Lisäksi Siemens vastaa voimaloiden etävalvonnasta ja huollosta sekä niihin liittyvien ratkaisujen toteuttamisesta.

Aiempien pilottien perustella Tahkoluodolla on kehitetty ratkaisuja huollon toimivuudeksi kaikissa sääolosuhteissa. Huolto on Pohjanlahdella haastavaa silloin, kun ahtojäät estävät laivan kiinnittymisen. Hankkeessa on kehitetty ratkaisua, jossa huolto voidaan toteuttaa myös myrskyävän meren tuottamissa ahtojäissä. Ratkaisussa voidaan seurata etänä olosuhteita ja sulattaa kiinnittäytymispaikka, mikäli huoltoa tarvitaan.

Lisäksi Tahkoluodon merituulipuiston rakentaminen edellyttää huomattavaa hankinta-, sopimus- ja logistiikkaosaamista. Haastateltavien mukaan lajissaan ensimmäisenä pohjoisiin meriolosuhteisiin rakennettavana tuulipuistona alihankkijoiden tarjoukset sisältävät melkoisen riskimarginaalin. Kun kokemusta kertyy tästä hankkeesta, seuraavat voidaan toteuttaa kilpailukykyisempään hintaan. Suomen Hyötytuuli Oy:llä on huomattava kokemus maarakennusalan hankinnoista, mutta hankkeessa tuotetaan uutta osaamista erityisesti merirakentamisen hankintaketjuissa.

Demonstraatiolaitoksen suunnittelu ja toteutus on työvoimaintensiivistä. Demonstraatiohanke on edellyttänyt kymmeniä sopimuksia ja useamman sopimusneuvottelukierroksen. Olennaista yhtiön osaamista on ollut löytää tarvittava osaaminen. Asiantuntijoita on hankittu yhtiön ulkopuolelta. Osa tutkimuksista jouduttiin tekemään ulkomailla. Jonkin verran ulkomaista konsultointia on kokeiltu, mutta on todettu, että konsulttien tarjoamat standardiratkaisut eivät välttämättä sovi kyseiseen projektiin.

Kustannustehokkuus aiheuttaa haasteita, kun demonstraatiolaitosta rakennettaessa joudutaan suunnittelemaan ratkaisuja yhdessä yhteistyökumppaneiden kanssa sen sijaan, että hankittavat ratkaisut voitaisiin määritellä tarkkaan etukäteen. Tällaisessa työssä joudutaan eteneämään pienin askelin ja ajoittain tekemään muutoksia standardiratkaisuihin. Teknisiin kysymyksiin liittyy tällöin aina taloudellisia ja sopimusteknisiä kysymyksiä. Olennaista osaamista hankkeessa on ollut se, miten sen demonstraatioluonteesta huolimatta valitaan ratkaisuja, jotka ovat kustannustehokkaita.

Hankkeen tuottama uusi osaaminen

Hankkeelta on odotettu uutta tietoa ja ratkaisuja jääkuormia kestävien perustusten rakentamiseen, logistiikkaan ja kunnossapitoon sekä mahdollisesti myös turbiinin lapojen jäätyminenestoon. Tuulipuiston on vielä tämän raportin kirjoitushetkellä rakenteilla, mutta mukana olevat yritykset sekä muut alan asiantuntijat uskovat, että hankkeesta syntyy tärkeää tietoa jääolosuhteiden hallinnasta pohjoisissa merituulipuistoissa. Perustukseen on suunniteltu ratkaisu, joka on myös muiden Suomeen merituulivoimaa rakentavien yritysten hankittavissa. Lisäksi syntyy käytännön kokemuksia siitä, miten huolto voidaan järjestää kustannustehokkaasti ja luotettavasti kaikissa sääolosuhteissa.

Suomen Hyötytuuli Oy on lisäksi mukana useissa tutkimushankkeissa. Yhdessä niistä kehitetään yhdessä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa ratkaisuja, joilla saadaan lintutörmäykset kokonaan estettyä merellä. Toisessa hankkeessa tuotetaan yhdessä muun muassa VTT:n, Ilmatieteen laitoksen sekä Aalto-yliopiston kanssa Itämeren jäätatlas, eli julkinen tietokanta josta löytyy tietoa jäiden käyttäytymisestä ja jonka avulla kehitetään ennusteita muun muassa jään liikkeistä ja voimista ja muista perustusten mitoittamiseen tarvittavista tiedoista. Lisäksi yritys on mukana perustusten valvontaan ja laitoksen kunnonvalvontaan liittyvissä tutkimushankkeissa. Meneillään on myös useita yritysten välisiä teknologiahankkeita, joilla todennetaan erilaisten ratkaisujen toimivuus meriolosuhteissa, ja Suomen Hyötytuuli on menossa mukaan kahteen EU-hankkeeseen ja yhteen Tekes-hankkeeseen.

Uutta osaamista on tähän mennessä syntynyt varsinkin hankintaketjun kokoamiseen sekä voimalan rakentamisen logistiikkaan. Hankkeessa on huomattu, että suomalainen offshore-rakentamisen ala on varsin pieni eikä alalla ole yhteistyön perinnettä. Sopimusten tekemiseen ja hankintaketjun hallintaan on mennyt hankkeessa paljon aikaa. Kokonaisuudessaan liiketoimintahaasteet ja niihin liittyvän osaamisen ja verkoston kasvattaminen on ollut merkittävämpää suhteessa ennakoituihin teknisiin haasteisiin.

Hanke on osaltaan nostanut esiin tarpeen miettiä lupakäytäntöjen sekä tukipolitiikan yhteispeliä. Esimerkiksi syöttötariffin edellyttämä rakentaminen kahden vuoden sisällä järjestelmään hyväksymisestä aiheuttaa ongelmia merituulivoimalle, jonka rakentaminen on maatuulivoimaa hitaampaa ja enemmän sääolosuhteista riippuvaa. Lisäksi hankkeessa huomattiin, että merituulivoiman rakentamisen viranomaisohjaus ei kaikilta osin ole vielä löytänyt vakiintuneita käy-

täntöjä. Esimerkiksi meriperustuksen maalauksen ja väyläohjausvalojen osalta viranomaisohjeet ovat muuttuneet hankkeen varrella. Hanketta on myös viivyttänyt vesiluvan meneminen oikeuteen, joka toi epävarmuuksia ja siten vaikeutti yhteistyökumppaneiden sitouttamista.

Alan yritysten mielestä hanke luo uskoa merituulivoiman tulevaisuuteen Suomessa. Koetorniin tai pieneen pilottilaitokseen verrattuna hanke todentaa siinä käytetyt teknologiat ja ratkaisut ja riittävän teknologisen ja projektiosaamisen. Näin sekä todennetaan merituulivoiman toteuttamiskelpoisuus Suomen vesillä että myös suomalaisten toimijoiden kyvykkyys toteuttaa hankkeita. Suomessa toimiville kansainvälisille yrityksille hanke luo uskottavuutta Suomen mahdollisuuksiin toimintaympäristönä.

Eräs asiantuntija toi esille myös demonstraatiotuen toteutuksen varjopuolia verrattuna tavanomaiseen T&K-hankkeeseen. Demonstraatiolaitoksessa kokeillaan tiettyjen toimittajien tiettyjä ratkaisuja. Demonstraatiohankkeen mittakaava on ollut myös haastava: hanke on niin pieni, että kansainväliset toimijat eivät ole olleet kiinnostuneita räätälöimään ratkaisuja sitä varten. Toisaalta, hanke on ollut Suomessa niin merkittävä, että toimitusketjun yritykset ovat pyrkineet vahvistamaan omien ratkaisujensa asemaa ja hyödyntämään hankkeeseen liittyvää epävarmuutta taloudellisesti. T&K-hanke olisi tarjonnut mahdollisuudet kokeilla eri ratkaisuja monipuolisemmin, mutta toisaalta realistinen hankintaketjukokemuksen kerryttäminen ja investoijien vakuuttaminen olisi jäänyt vähäisemmäksi.

Jäljelle jääviä ongelmia, joita hanke ei ratkaise

Joitakin epävarmuuksia ja riskejä hanke ei ratkaise. Nämä vaikuttavat osaltaan siihen, missä laajuudessa hankkeen tuottamia kokemuksia pystytään hyödyntämään.

Erityisesti sähkön alhainen hinta pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla askarrutti alan yrityksiä. Kannattavia investointeja on vaikea tehdä, kun sähkö on halpaa. Lisäksi tuulivoiman julkisen tuotantotuen jatkumiseen ja sen muotoon liittyvät epävarmuudet jarruttavat uusia hankkeita. Merituulivoimarakentamisessa hankekehityskustannukset ovat korkeita ja tästä syystä markkinan ja politiikan vakaus on erityisen olennaista.

Teknologianeutraali tuki ei todennäköisesti kannustaisi merituulivoiman lisärakentamiseen lähiaikoina, vaikka teknologian kehitys pienentää investointikustannuksia ja demonstraatiohanke voi lisätä rakentamisen kustannustehokkuutta jatkossa. Alan toimijoiden parissa on erilaisia näkemyksiä siitä, millä ehdoilla merituulivoimaa voidaan jatkossa rakentaa Suomeen. Toimijat näkevät, että merituulivoimaan liittyvä osaaminen ja hankekehitykseen tehdyt investoinnit eivät tule hyödynnetyksi, jos merituulivoimarakentamisen kannattavuus ei parane. Kannattavuus voi parantua joko sähkön hinnan noustessa tai tukijärjestelmän avulla. Demonstraatiotuen ongelma on sen kertaluonteisuus. Vaikka tuki auttaa luomaan merituulivoiman liiketoimintaverkostoa, se ei kerralla laske tuotantokustannuksia kilpailukyiselle tasolle.

Myös tuulivoiman julkinen kuva, paikallinen vastustus ja hankkeiden sijoituspaikkoihin liittyvät epävarmuudet ovat ongelmia, joita merituulivoiman demonstraatiohanke ei kaikilta osin ratkaise. Merelle rakentaminen voi lievittää hyväksyttävyy- ja sijoitusongelmia, mutta se ei poista luvituksen riippuvuutta naapuruston ja vesien käyttäjien hyväksynnästä.

4 Osaamisen siirto: viestintä, dokumentointi ja tiedonkulku

Kokeiluun liittyvä tiedonjakovelvollisuus velvoittaa Suomen Hyötytuuli Oy:tä jakamaan hankkeesta saatuja kokemuksia. Syksyyn 2016 asti hankkeella on ollut puolivirallinen ohjausryhmä, jossa on pohdittu mitä tietoa hankkeesta pitäisi jakaa ja miten.

Suomen Hyötytuuli Oy saa kuitenkin runsaasti hankkeeseen liittyviä yhteydenottoja, joita on yrityksen arvioin mukaan 20 kertaa enemmän kuin tavanomaisessa maatuulivoimahankkeessa. Näitä tulee kotimaisilta ja ulkomaisilta tutkijoilta, alan yrityksiltä kuten perustus- ja turbiinivalmistajilta, vakuutusyhtiöiltä ja pankeilta. Samoin sekä kotimainen että ulkomainen media on ollut erittäin kiinnostunut hankkeesta. Hankkeeseen onkin palkattu viestintäpäällikkö, joka koordinoi viestintää.

Eniten tietoa on jaettu alan yrityksille. Suomen Hyötytuuli Oy:n tärkein tiedon jakamisen tapa on vierailijaryhmien vastaanottaminen. Tärkeimpänä kanavana nähdään yritysvierailut. Esimerkiksi Porissa on vierailut useita perustusten valmistajia. Keväällä 2017 oli meneillään esimerkiksi neuvotteluja turbiinitoimittajien kanssa, perustustoimittajien ja merioperaattoreiden kanssa siitä, että miten seuraava hanke voitaisiin toteuttaa. Suomen Hyötytuuli Oy pitää tätä parhaana tapana edistää alan liiketoiminnan käynnistymistä ja jalostaa kertynyttä kokemusta.

Suomen tuulivoimayhdistys STY on käynnistänyt merituulivoiman seurantaryhmän, jossa on mukana olennaiset muut merituulivoiman rakentajaryitykset. Ryhmä oli keväällä 2017 kokoonnutunut neljä kertaa ja käynyt Porissa vieraillessa kaksi kertaa. Ryhmän kokouksissa esitellään projektin ratkaisuja ja sen etenemistä.

Lisäksi yrityksen edustajat käyvät seminaareissa esittelemässä projektia. Projektia on esimerkiksi esitelty TEM:in ja TEKES:in kanssa Portugalissa. Myös muita ulkomaisia puhujapyyntöjä on esitetty. Projektia esitellään lähes viikoittain tapahtumissa, ja mielenkiinto hanketta kohtaan edellyttäisi vielä enemmän henkilöresursseja viestintään.

Demonstraatiolaitoksen tuottamaa tietoa ja kokemuksia jaetaan myös olemalla mukana yllä mainituissa tutkimushankkeissa. Lisäksi hankkeestan valmistuu raportti, jossa dokumentoidaan projektin kulku ja siinä toteutetut ratkaisut.

Hankkeen tuottamaa osaamista on siis siirretty eniten nykyisissä ja potentiaalisissa hankintaketjuissa sekä henkilökohtaisten, suorien kontaktien kautta. Ne alan toimijat, jotka ovat todella

kiinnostuneita hankkeesta, katsovat saaneensa siitä riittävästi tietoa. Lisäksi eräs alalla toimiva yritys uskoo, että yrityksen oman hankkeen lähtiessä liikkeelle yrityksellä on hyvät mahdollisuudet kysyä tarkempia kysymyksiä ja saada hyviä neuvoja Suomen Hyötytuuli Oy:ltä.

Lisäksi yritys on järjestänyt yleisötilaisuuksia ja ollut mukana paikallisissa tapahtumissa. Internetin kautta merituulivoimasta ei kuitenkaan ole helposti löydettävissä yksityiskohtaista tietoa. Tuulivoiman kilpailutetun demonstraatiotuen kokeilulle ei enää ole aktiivista sivustoa TEM:in verkkosivuilla² Meriklusteriohjelma on innovaatiopoliittinen työkalu, jonka alla esitetään tietoja myös merituulivoimasta yleisesti. Klusterin merituulivoimasivustolla ei kuitenkaan ole viittausta Suomen Hyötytuulen sivustoille. Suomen Hyötytuuli Oy:n omat verkkosivut (ks. liite 1) antavat nekin vielä toistaiseksi melko vähän tietoa hankkeesta suurelle yleisölle.

5. Yhteenveto

Valtion näkökulmasta tärkeä onnistumisen kriteeri on ollut se, että hankkeelle löydettiin uskottava toteuttaja ja että tähän saakka suunnitelmissa on pysytty. Onnistumisen tärkein kriteeri on ollut se, että Suomeen saadaan meriperustuksille pystytetty 40MW tuulipuisto. Hakuprosessia voidaan pitää onnistuneena, koska hakemuksia saatiin usealta pätevältä konsortiolta. Myös tiedonjakotavoite on tärkeä osa demonstraatiotukea, ja tietoa on jaettu alan verkostoissa. STY:n seurantaryhmä on ollut tärkeä tiedon jakamisen väylä. Alan yritykset uskovat, että saisivat lisää oman liiketoimintansa kannalta relevanttia tietoa halutessaan.

Hankkeesta voidaan myös nostaa esiin havaintoja, joilla voi olla merkitystä kilpailutetun tuen ja demonstraatiohankkeiden tuen kannalta laajemmin.

- Hanke luo uskoa, että merituulipuistoja voidaan toteuttaa Suomessa kustannustehokkaasti. Tämä on tärkeää sijoittajien, hankekehittäjien ja projektien alihankintaketjujen järjestäytymisen kannalta. Teknisten ongelmien lisäksi tämän kaltainen hanke joutuu ratkomaan taloudellisia ja sopimusteknisiä ongelmia. Hankintaketjujen järjestäytymisen ja niissä oppiminen on tärkeää toteutuksen kustannustehokkuuden kannalta.
- Demonstraatiohanke nostaa esiin myös hallinnollisia haasteita ja edistää niiden ratkaisemista, varsinkin mikäli pian sen jälkeen saadaan uusia merituulivoimahankkeita liikkeelle. Viranomaisten parissa on mahdollisuuksia oppimiseen, kuten tuotantotuen aikataulujen sovittaminen merituulivoiman rakentamisen tahtiin sekä viranomaisohjauksen vakiinnuttaminen ja yhtenäistäminen.

² http://tem.fi/energiatuki/merituulivoiman_demonstraatiotuki

- Suomen Hyötytuuli Oy:n hanke on mukana useissa tutkimushankkeissa ja se on herättänyt laajaa kiinnostusta sekä Suomessa että ulkomailla. Tutkimushankkeet edistävät merituulivoiman rakentamisen ongelmien ratkaisemista. Tutkimusyhteistyömahdollisuuksia olisi tarjolla enemmän kuin mihin hankkeessa on mahdollista tarttua. Demonstraatiolaitoksen rakentaminen kaupallisessa skaalassa ja osana hankekehittäjän normaalia liiketoimintaa on kuitenkin haastavaa. Demonstraatiotavoitteiden ohella hankkeella on myös kaupallisia tavoitteita. Kilpailullinen ympäristö ja tiukka hintakilpailu markkinoilla ei välttämättä tuota luontevia kannusteita tiedon jakamiseen. Viesintä kuluttaa myös runsaasti henkilöstöresursseja.
- Kilpailutettu demonstraatiohanke ei poista kaikkia merituulivoiman lisärakentamisen haasteita. Sähkön alhainen hinta pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla on näistä suurin haaste. Myöskään lupakäytäntöihin ja hyväksyttävyyteen liittyvät ongelmat eivät välttämättä poistu. Siksi demonstraatiohankkeiden ajoitus suhteessa toimintaympäristön tarjoamiin mahdollisuuksiin on erittäin tärkeää: se voi tuottaa runsaasti uusia hankkeita, mikäli toimintaympäristö on muilta osin suotuisa toiminnan kaupalliselle laajentamiselle. Jos viive seuraaviin hankkeisiin jäisi kovin pitkäksi, voi olla että osa hankkeen tuottamasta osaamisesta katoaa (vrt. Heiskanen ym. 2015).

Lähteet

Grönlund, P. (2016). Energiatuen mahdollisuudet. Esitelmä Tekesin tilaisuudessa Tuusula – pilotointialusta uusille energiaratkaisuille, Team Finland –talo 7.11.2016. Verkossa: <https://tapahtumat.tekes.fi/tapahtuma/tuusula>

Heiskanen, E., Nissilä, H., & Lovio, R. (2015). Demonstration buildings as protected spaces for clean energy solutions—the case of solar building integration in Finland. *Journal of Cleaner Production*, 109, 347-356.

Sundelin, A & Putkonen, J. (2013). Strateginen selvitys Suomen merituulivoimaliiketoiminnan kehittämiseksi. Pori: Prizztech Oy. Verkossa: http://www.prizz.fi/strateginen-selvitys-merituulivoimaliiketoiminnan-kehitt%C3%A4miseksi#.WUUZoHrl_k

TEM (2016) Uusiutuvan energian tukijärjestelmän kehittämistyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 16/2016.

Liite 1: Suomen Hyötytuuli Oy:n merituulivoimalahankkeen verkkosivuja

1. <http://hyotytuuli.fi/merituulivoima/tietotaitoa-pilottivoimalasta/>
2. <http://hyotytuuli.fi/tuulipuistot/tahkoluodon-merituulipuistohanke/>
3. <http://hyotytuuli.fi/merituulivoima/projektin-tila/>
4. <http://hyotytuuli.fi/merituulivoima/>
5. <http://hyotytuuli.fi/uutiset/>



ISBN 978-952-60-8972-0 (pdf)
ISSN 1799-4969 (pdf)

Aalto-yliopisto
Kauppakorkeakoulu
Johtamisen laitos
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**