



Merituulipuiston rakentaminen

Raportti

Prizztech Oy
Pori 30.8.2012

Mikko Jääskeläinen
Lasse Rantala
Ari Sundelin



WEST FINLAND WIND CENTER

PRIZZTECH



Vipuvoimaa
EU:lta
2007 - 2013

Sisältö

1. Johdanto.....	4
2. Merituulivoiman mahdollisuudet ja kehityssuunta.....	5
2.1 Merituulivoiman tarjoamat edut verrattuna maatuulivoimaan.....	5
2.2 Merituulivoiman kustannukset	5
2.3 Käyttöön liittyvät haasteet ja niiden ehkäiseminen	6
2.4 Merituulivoima maailmanlaajuisesti	6
2.5 Merituulivoima Euroopassa	7
2.6 Merituulivoima Suomessa.....	7
2.6.1 EU:n tavoitteet.....	8
2.6.3 Merituulivoiman potentiaali ja haasteet	8
2.6.4 Toteutuneita merituulivoimaloita Suomessa.....	9
3. Merituulivoiman arvoketju.....	10
3.1 Projekti	11
3.1.1 Kehitys- ja selvitystutkimukset	11
3.1.3 Projektisuunnitelma ja hallinnointi.....	12
3.1.4 Hankkeen rahoitus.....	12
3.2 Merituulivoimapuiston komponenttien suunnittelu ja valmistus	12
3.2.1 Turbiini.....	12
3.2.2 Torni.....	12
3.2.3 Roottori.....	13
3.2.4 Naselli	13
3.2.5 Perustus	13
3.2.6 Verkkoliitännät.....	15
3.2.7 Etävalvontaan ja ohjaukseen liittyvät laitteet	16
3.2.8 Muita tarvittavia teollisia palveluita	16
3.3 Rakentaminen ja asentaminen.....	16
3.3.1 Satamapalvelut, välivarastointi ja esiasennukset	16
3.3.2 Asennusoperaatiot merellä	17
3.4 Merituulipuiston käyttö ja kunnossapito.....	18
3.4.1 Merituulipuiston käyttö.....	18
3.4.2 Merituulipuiston kunnossapito	19
3.4.3 Asennus-, käyttö - ja huoltolaitteiden suunnittelu ja rakentaminen.....	19
3.4.4 Merituulipuiston rakentamisessa tarvittavat alukset	19
3.4.5 Muut laitteistot ja palvelut	20
3.5 Tukitoiminnot	21
3.5.1 T&K ja tekniset palvelut.....	21
3.5.2 Testaus ja varmentaminen.....	21
3.5.3 Konsultointipalvelut.....	21
4. Kehitystarpeet	21
5. Lähdeluettelo.....	22

LIITTEET:

Liite 1: Suomen satamat Pohjanlahden alueella

1. Johdanto

Energian tuotanto on kehittynyt merkittävästi viimeisten 20 vuoden aikana. Tämä on johtunut pääasiassa fossiilisten polttoainevarojen vähentymisestä sekä kestävä kehityksen mukaisten ympäristönsuojelukriteerien sisällyttämisestä luonnonvarojen käyttöön. Tästä on seurannut uusiutuvien energiamuotojen kuten tuulivoiman, aurinkoenergian, maalämmön, biomassan ja biopolttoaineiden käytön kasvu, joka jatkuu edelleen.

Merituulivoiman tarjoamien mahdollisuuksien johdosta on tunnistettu tarve selvittää ja edistää kasvavan tuulienergian liiketoimintaa. Tavoitteenä on, että aktiivisesti toimivat tuulienergia-alan yritykset, meriteollisuus sekä muut organisaatiot pystyisivät yhdessä edistämään tuulivoiman roolia.

Tämä raportti kuvaa suomalaista osaamista, tietotaitoa ja työpanosta, joiden osuutta pyritään kehittämään ja laajentamaan tulevaisuuden merituulivoimahankkeissa. Tämän tarkastelun lisäksi tehdään yrityskartoitus yhdessä alan kiinnostuneiden toimijoiden kanssa sekä markkinatutkimus toimialan potentiaalista keskittyen Itämeren alueeseen.

Suomessa toimii merkittäviä telakoita ja muuta meriteollisuutta, joilla on tietotaitoa ja kokemusta offshore-rakenteiden suunnittelusta ja valmistuksesta. Kotimaasta löytyy lisäksi paljon muita merioperaattoreita kuten merikuljetus-, hinaus- ja ruoppausalan yrityksiä, joiden palveluita tarvitaan merituulivoiman rakentamisessa. Rannikolle on lisäksi sijoittuneena useita toimivia satamia, joita tarvitaan rakentamiseen liittyvän logistiikan hallinnassa.

Merituulivoiman kasvua Pohjanmerellä ja eteläisellä Itämerellä on aktiivisesti vauhditettu poliittisin, sosiaalisin ja ympäristöllisin keinoin. Energiantarve kasvaa kaikkialla maailmassa, erityisesti kehittyvissä maissa. Samalla fossiilisten polttoaineiden hinnat nousevat.

Tuulivoima on kaikilla tavoin optimaalinen resurssi. Se on rajaton, puhdas ja kotimainen, mikä kaikki tukee alueellista energiaomavaraisuutta. Valtion tuella on määräävä rooli sekä teknologisessa että teollisessa mielessä ja se on merkittävä merituulivoiman kasvua vauhdittava tekijä.

Tässä selvityksessä kuvataan merituulipuiston rakentamisen toteutus ja sen eri osa-alueet. Esille on otettu myös suomalaisen teollisuuden yrityksiä ja palveluita, jotka voivat olla osana merituulivoiman arvoketjua. Tarkoituksena on selvittää merituulivoimaan sisältyviä liiketoimintamahdollisuuksia ja haasteita. Selvitys toimii muun muassa myyminen edistämisen ja markkinointivälineenä, jolla edistetään suomalaisen merituulivoiman mahdollisuuksia. Kaikki tässä hankkeessa tehdyt toimenpiteet tähtäävät tuottamaan kehittyneitä lopputuotteita suomalaiseen teollisuuteen, jotta merituulivoiman tarjoama liiketoimintapotentiaali saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman hyvin.

Tämä raportti on toteutettu osana Länsi-Suomen tuulivoimakeskus -hanketta. Länsi-Suomen tuulivoimakeskus -hankkeen toteuttavat yhteistyössä Prizztech Oy, Merinova Oy ja Thermopolis Oy.

2. Merituulivoiman mahdollisuudet ja kehityssuunta

Kymmenen vuoden kuluessa merituulivoiman tuotannon on ennustettu ylittävän maatuulivoiman tuotannon Euroopassa[1]. Euroopassa merituulivoiman kehityssuunnat ovat selvästi positiivisia aina vuoteen 2030 saakka. Vastaavasti maalle asennettavan tuulivoiman kapasiteetin huippu osuu vuoteen 2020, jonka jälkeen sen osuus alkaa tasaisesti laskea. Tämä tarkoittaa, että merituulivoiman vuosittainen asennuskapasiteetti ylittää maalle asennetun vuosittaisen kapasiteetin ennen vuotta 2025. Muualla kuin Euroopassa, missä merituulivoima ei ole vielä kehittynyt, näyttää maatuulivoiman käyttöönotto edelleen kasvavan. Merituulivoiman merkittävin etu ja samalla haaste maatuulivoimaan nähden aiheutuu puiston sijainnista merellä.

2.1 Merituulivoiman tarjoamat edut verrattuna maatuulivoimaan

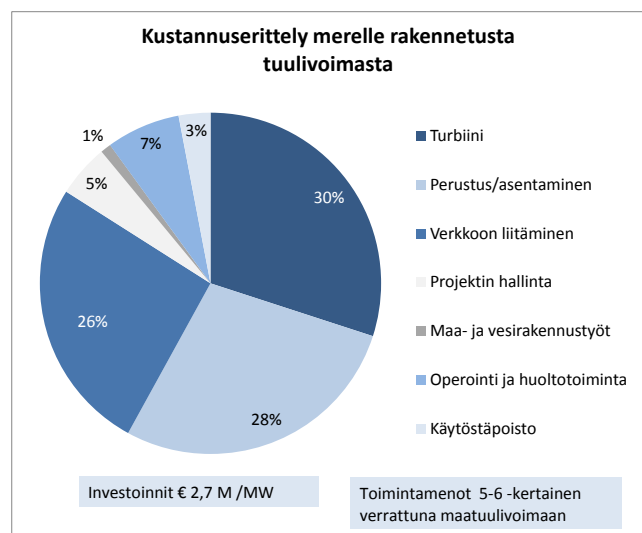
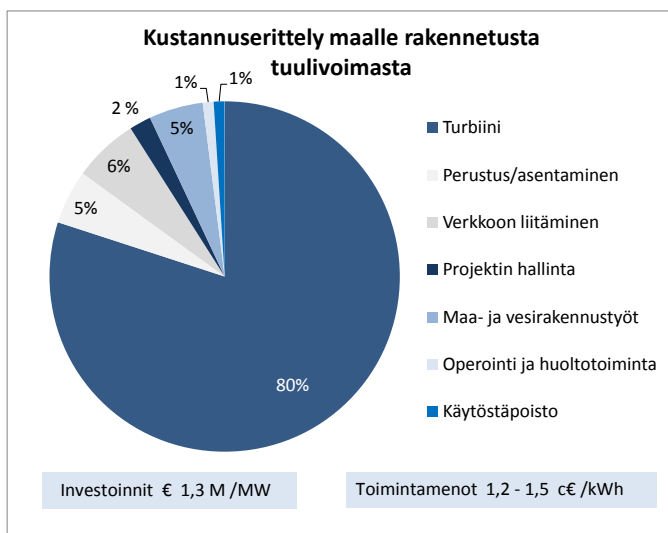
Tuulivoiman rakentaminen merelle antaa tiettyjä etuja verrattuna maalle rakentamiseen. Merellä on helpompi toteuttaa laajempi projekti kuin maalla, jossa ympäristölliset tekijät voivat rajoittaa rakentamista. Merellä on paremmat tuuliolosuhteet. Tuulen nopeus on kovempi ja sen voimakkuus kasvaa kauemmas merellä mentäessä. Turbiinien tuotantotehokkuus on parempi merellä. Vähäisempi turbulenssi parantaa turbiinien käyntiä, mikä paran-

taa tuotannon hyötysuhdetta. Merituulivoimapuistolla on luontaisesti vähemmän ympäristövaikutuksia kuin maatuulivoimalla, koska merialueilla ei ole esteenä sellaista infrastruktuuria kuin maalla. Riittävän kauas merelle rakennetun tuulipuiston vaikutus ihmisten vapaa-ajan elämään voidaan minimoida. Ne eivät häiritse horisontissa, eivätkä tuota ääntä enää mantereelle asti.

2.2 Merituulivoiman kustannukset

Merituulivoiman rakennus- ja operointikustannukset ovat suuremmat kuin maatuulivoiman. Kustannusrakenne on myös erilainen. Merituulipuistossa suurimman osan kustannuksista muodostavat perustus-, asennus-, verkkokykentä- ja käyttö- sekä kunnossapito. Maalle rakennetussa tuulivoimassa suurimman kustannuserän muodostaa selkeästi turbiini.

Ympäristöolosuhteet, joihin merituulipuisto sijoittuu, vaikuttavat suoraan tarvittavan investoinnin suuruuteen. Merituulivoimapuiston kustannukset ovat enemmän kuin kaksi kertaa suuremmat kuin maalle rakennettaessa ja käyttökustannukset ovat moninkertaiset maalla sijaitsevaan puistoon verrattuna.



Kuva 1: Kustannuserittely maalle ja merelle rakennetusta tuulivoimasta [1].

2.3 Käyttöön liittyvät haasteet ja niiden ehkäiseminen

Tärkeää on taata merituulipuistolle mahdollisimman pitkä elinkaari ja hyvä käytettävyys, koska tuotannon katkokset ja vaikea huollettavuus aiheuttavat huomattavia kustannuksia, minkä perusteella laitteistojen luotettavuus ja sen parantaminen on tärkeä tekijä merituulipuiston tuottavuuden kannalta. Käytettävien komponenttien tulee olla luotettavaksi todettua tekniikkaa, jotta riski häviöistä saadaan minimoitua ja käytön katkokset niin vähin kuin mahdollista. Meriolosuhteet asettavat omat haasteensa rakenteille korroosion vuoksi. Täten kaikki kriittiset osat ja komponentit tulee olla korroosiosuojattuja. Kriittiset komponentit tulee kahdentaa. Varalaitteella voidaan turbiinin operointia jatkaa viasta huolimatta. Tuulipuiston valvonnan tulee olla kunnossa. Etänä tehtävällä vikadiagnosoinnilla voidaan välttää tarpeettomia korjausmatkoja. Myös kunnossapitotyötä on tehtävä etänä, jotta ennaltaehkäistään vikojen syntyminen.

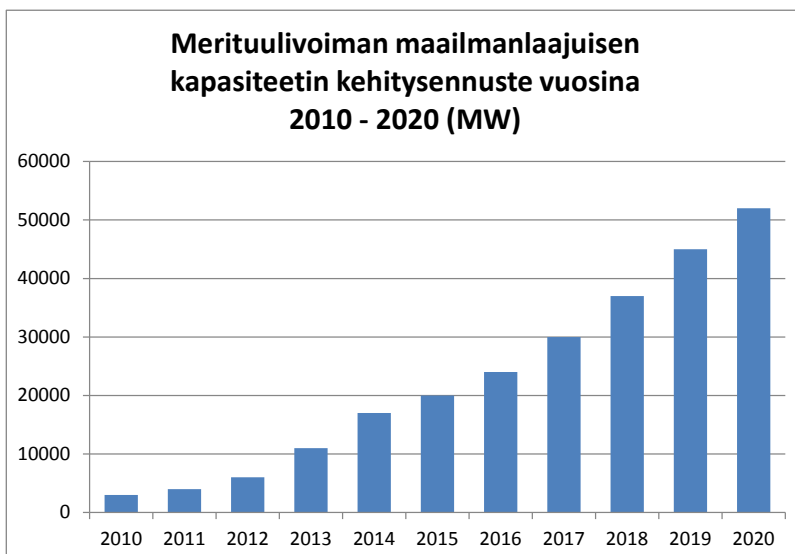
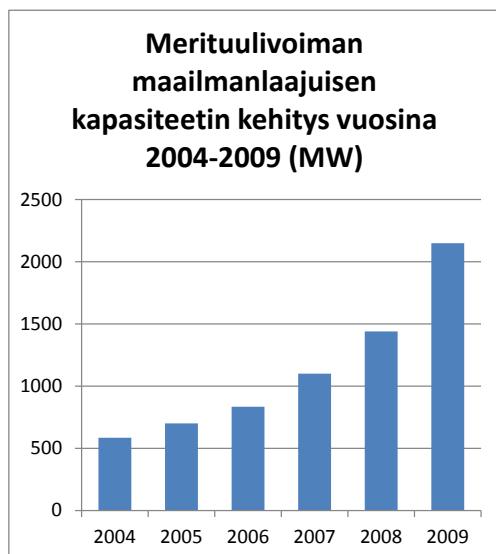
Pohjoismaissa ja pohjoisen Itämeren alueella talven kylmyys ja jäätävät olosuhteet aiheuttavat vaatimuksia, jotka pitää huomioida laitteita ja puistoja suunniteltaessa. Ongelman muodostaa esimerkiksi jään muodostuminen roottorin lapoihin, mikä heikentää turbiinin tehontuottoa. Ahtojäiden liikkeistä aiheutuvat kuormat on huomioitava perustusten suunnittelussa. Ahtojaat voivat aiheuttaa myös ongelmia huollon suhteen, sillä käynti voimalalle vai-

keutuu. Meren jäätyminen lyhentää tuulipuistolla käytössä olevaa rakennusaikaa.

2.4 Merituulivoima maailmanlaajuisesti

Uusiutuvien energiamuotojen valikoimassa, tuulivoima tarjoaa parhaat tuotantomahdollisuudet ja lyhyen aikavälin tulevaisuuden näkymät, koska sitä voidaan hyödyntää sekä maalla että merellä. Alunperin tuulivoiman hyödyntäminen keskittyi maalle, mutta uusien teknologioiden kehityksessä ja hallituksilta saadun tuen myötä kiinnostus merituulivoimaa kohtaan on kasvanut. Vaikka merituulivoiman kehitys on vasta alkuvaiheessa, maailmanlaajuisesti on käytössä vain n. 2 GW, niin se tarjoaa valtavat mahdollisuudet. Joidenkin arvioiden mukaan merituulivoiman toteutunut tuotantokapasiteetti tulee olemaan vuoteen 2020 mennessä 20...25 kertaa suurempi kuin mitä se on tällä hetkellä. Edelleen on arvioitu, että vuoteen 2030 mennessä merituulivoiman maailmanlaajuinen kapasiteetti voisi olla 150 GW ilman kelluviin voimaloihin sisältyvää potentiaalia. Vastaavasti tällä hetkellä asennetun maatuulivoiman kapasiteetti on noin 150 GW.

Lähes kaikki maailman asennettu merituulivoimakapasiteetti (2 GW) sijaitsee Pohjois-Euroopassa, jossa on 38 toimivaa puistoa. Puistot ovat valtioissa, joissa on rajoitetut maa-alueet ja laajat vesialueet.



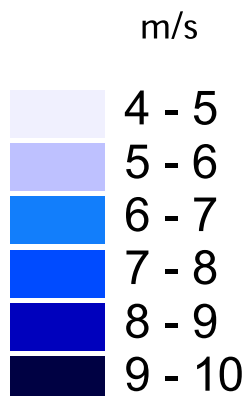
Kuva 2: Merelle rakennetun tuulivoimakapasiteetin kehitys maailmalla [1].

2.5 Merituulivoima Euroopassa

Viime vuosina eräiden Euroopan valtioiden hallitukset ovat vetäneet merkittävää roolia merituulivoiman kehittämisessä. Tällä hetkellä alustavassa suunnitteluvaiheessa on 169 merituulipuistohanketta. Jos kaikki nämä projektit toteutuvat, niin asennettu kapasiteetti olisi 58 GW. Nyt ja tulevaisuudessakin johtavia merituulivoiman maita ovat Britannia, Ruotsi, Tanska, Hollanti ja Saksa. Kuitenkin ennusteiden mukaan edellä mainittujen valtioiden johtoasema tulee pienentymään muihin Euroopan maihin nähden.

Tulevien vuosien aikana merituulivoiman kasvuvauhdin odotetaan kiihtyvän. Kasvuvauhdin uskotaan kasvavan seuraavien kymmenen vuoden aikana siten, että yhteenlaskettu kapasiteetti tulee nousemaan nykyisestä 2 GW:sta 53 GW:iin vuoteen 2020 mennessä. On myös ennusteita, joiden mukaan lyhyen aikavälin kasvuvauhti olisi maltillisempi.

Ainakin vuoteen 2020 asti Eurooppa tulee edelleen olemaan merituulivoiman keskus, jossa on 75 % maailman asennetusta tuulivoimatehosta. Loput 25 % jakautuu Pohjois-Amerikan ja Aasian välillä.

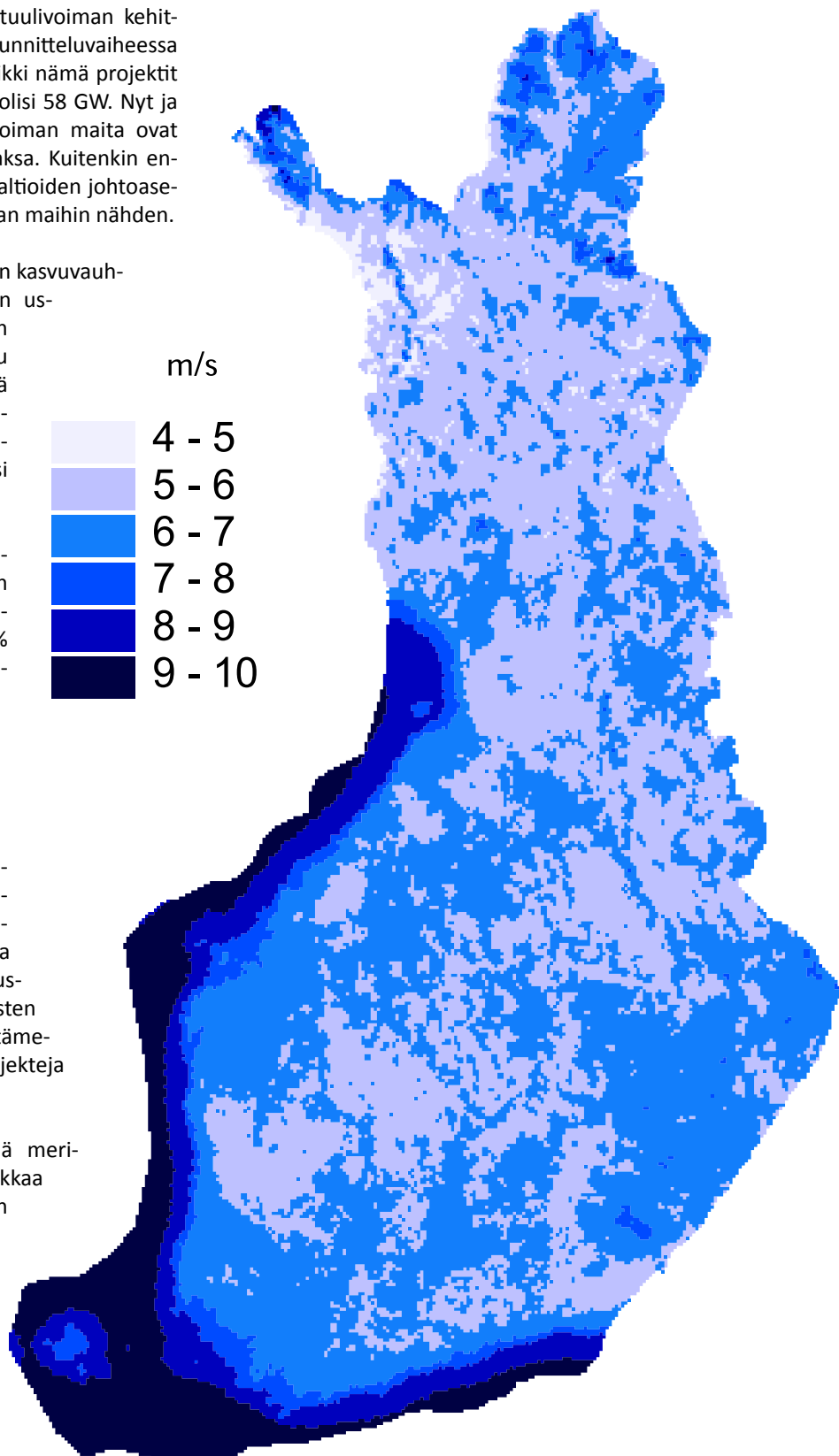


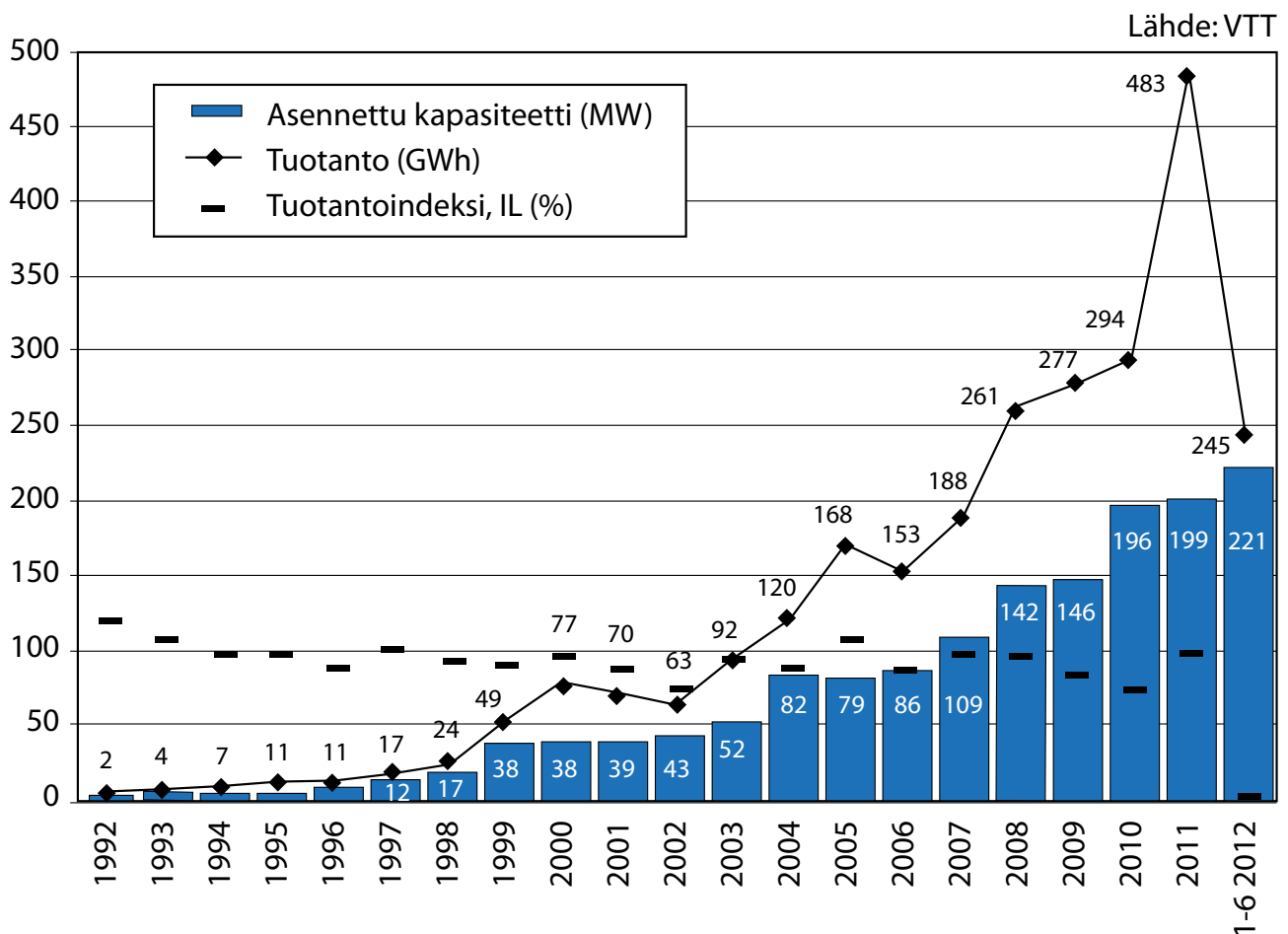
2.6 Merituulivoima Suomessa

Offshore-tuulivoiman laaja-alainen rakentaminen ei ole vielä alkanut Suomessa, mikä johtuu mm. korkeista investointikustannuksista ja talvella vaikeista jääolosuhteista. Energian hinnan noustessa ja ympäristön suojelun vaatimusten kiristytessä on kuitenkin ilmeistä, että Itämeren alueella tullaan näkemään isoja projekteja lähivuosien aikana.

Tuuliolosuhteet ovat Suomen läntisillä merialueilla kansallisella tasolla parasta luokkaa (Suomen Tuuliatlas) ja alue sopii hyvin voimalarakentamiselle

Kuva 3: Suomen Tuuliatlaksen tuottama kartta kertoo tuulen vuosittaisen keskinopeuden 100 metrin korkeudella maanpinnasta [2].





Kuva 4: Suomessa asennetun tuulivoimakapasiteetin kehitys ja tuulivoimatuotanto 1990-luvulta alkaen [4].

2.6.1 EU:n tavoitteet

Joulukuussa 2008 EU on yhteisellä päätöksellä asettanut uusiutuvan energian tuotannon tavoitteeksi 20 % vuoteen 2020 mennessä ns. 20-20-20 ohjeistuksen mukaisesti. Suomessa tuulivoiman tavoitteeksi on asetettu 6 TWh tuotantoa vuoteen 2020 mennessä, mikä edellyttäisi n. 2500 MW asennettua tuulivoimaa, kun sitä oli vuoden 2010 lopussa 197 MW. Suomessa on merituulivoimaksi laskettavia voimaloita asennettuna Kemin Ajoksessa ja Porin Tahko-luodossa. Suomessa on Tuulivoimayhdistyksen mukaan 16 merituulipuistohanketta, joiden yhteenlaskettu kokonais-teho on arviolta n. 4,8 GW [3].

2.6.2 Valtion tuki tuulivoimalle

Rakentamisen nopeuttamiseksi valtiolta on asettanut porkkanaksi korotetun syöttötötariffin 105 €/MWh, jota maksetaan vuoden 2015 loppuun, minkä jälkeen tariffi on 83,5 €/MWh [7]. Voimassa olevat tariffit ovat lisänneet rakentamista maalla, mutta ne eivät ole riittävä houkutin me-

rituulivoiman rakentamiseen. Keväällä 2011 muodostetun hallituksen ohjelmaan on sisällytetty demonstraatiotuki merituulipuiston toteutukseen. Merituulipuiston rakentaminen antaisi suomalaisille merirakentamisen ammattilaisille tärkeää kokemusta ja kehittäisi mukana olevien yritysten kilpailukykyä haastavan projektin läpiviemisestä.

2.6.3 Merituulivoiman potentiaali ja haasteet

Merituulivoimassa on valtaisa potentiaali ja suuri osa uudesta rakennettavasta tuulivoimasta on perusteltua sijoittaa merialueille. Rakentamiseen sisältyy laajoja työ- ja asiakokonaisuuksia, jotka vaativat useiden eri työläjien osaamista ja yhteensovittamista. Investointeihin tarvittavat pääomat ovat isompia, kuin vastaavassa maalle toteutettavassa projektissa ja vastaavasti taloudelliset riskit ja tekniset haasteet ovat mittavia.

Merelle rakennettuja tuulivoimaloita ja isoja merituulivoimalapuistoja on jo Pohjanmerellä ja Itämerellä Saksan ja

Tanskan edustalla. Niitä ei ole kuitenkaan rakennettu jääolosuhteita kestäviksi.

2.6.4 Toteutuneita merituulivoimaloita Suomessa

Suomen ensimmäinen meriperustukselle rakennettu tuulivoimala on otettu käyttöön joulukuussa 2010 merellä Porin Tahkoluodon edustalla. Voimala sijaitsee avoimella merellä 1,2 kilometrin päässä rannasta. Yhdeksän metrin vesisyvyyteen pystytetyssä voimalassa on samanlainen kasuuniperustus kuin majakoissa, se on suunniteltu ja rakennettu kestäämään vallitsevia jääolosuhteita, myös ahtojäitä. Porin edustalle rakennetun tuulivoimalan teho on 2,3 megawattia (napakorkeus 80 metriä ja roottorin halkaisija 101 metriä).

Kemissä kahdeksan turbiinia pystytettiin keinosaarimennelmällä. Keinosaalet rakennettiin ja tiivistettiin louhema-terialista. Lisäksi Kemin edustalle ulkomerelle rakennettiin kesällä 2009 teräspierustus ja torni. Torniin ei kuitenkaan

asennettu tuulivoimalan koneistoa, vaan sitä simuloiva betonipaino ja mittalaitteita. Kohteen avulla kerättiin talven ajan kokemuksia muun muassa jään liikkeiden tornille aiheuttamista rasituksista.

Edellä kuvattujen kohteiden avulla kerätään kokemuksia ja kehitetään Suomen pohjoisiin olosuhteisiin sopivaa voimalarakentamista ja osaamista. Jatkossa tätä hyödynnetään jääolosuhteisiin soveltuvissa offshore-voimalahankkeissa ja merituulivoimatuotannossa Suomessa ja laajemminkin Itämeren alueella

Tässä dokumentissa esitetään merituulivoimarakentamisessa käytettäviä ratkaisuja yleisellä tasolla, mutta jäljempänä oleva kuvamateriaali ja eräät ratkaisut pohjautuvat edellä mainittuihin Suomessa rakennettuihin voimaloihin.



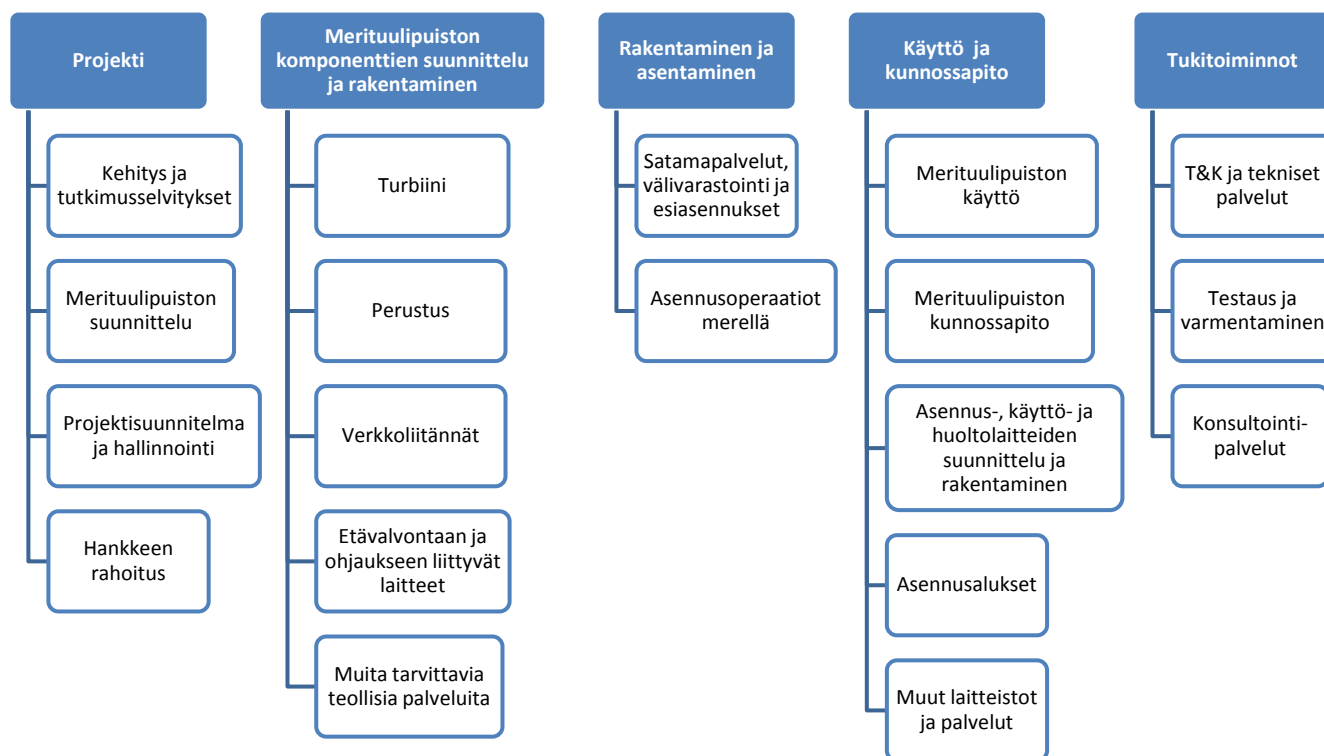
Kuva 5: Ensimmäinen Suomeen pystytetty varsinainen merituulivoimala oli Pori Offshore 1 . Kuvassa puretaan voimalan osia Porissa. (Kuva: Technip Offshore Finland Oy)

3. Merituulivoiman arvoketju

Merituulivoiman arvoketjussa kuvataan niitä vaiheittaisia toimenpiteitä, joita tarvitaan hankkeen jalostumisesta raaka-aineista valmiiksi tuulivoimalaksi tai -puistoksi. Jokainen arvoketjun vaihe nostaa tuotteen arvoa. Yksittäinen yritys voi toimia arvoketjun tietyssä vaiheessa, esimerkiksi yritys valmistaa vain tiettyä osaa toisen yrityksen kokoamaan laitteeseen. Koska arvoketjukäsitettä käytetään säännönmukaisesti tutkimuskirjallisuudessa, käytetään sitä myös tässä raportissa kuvaamaan eri toimijoiden välistä yhteistoimintaa. Arvoa tuotetaan asiakkaalle siis suurelta osin koko arvosysteemissä, ennen tai jälkeen tietyssä yritykseen tapahtuvista toimintoja. Keskeistä on asiakaslähtöisyys eli

yritysten liiketoiminnan suunnittelu koko arvoketjun näkökulmasta sekä kysynnän ja tarjonnan tasapainottaminen.

Oheisessa kaaviossa kuvataan niitä toimenpiteitä, joita tarvitaan tuulivoimapuiston suunnitteluun, rakentamiseen, asennukseen ja kunnossapitoon hankkeen eri vaiheissa. Aiemmin todetun mukaisesti hankkeiden kokonaisarvosta muodostuu merkittävä osa niistä toimenpiteistä, joita on perusteltua ja joita voidaan tehdä Suomessa paikallisesti täällä olevien yritysten toimesta.



Kuva 6: Merituulivoimapuiston arvoketju

3.1 Projekti

3.1.1 Kehitys- ja selvitystutkimukset

Hankkeeseen ryhtyvällä on vastuu selvittää ne merituulipuiston rakentamis- ja toimintavaiheen aikaiset tekniset, taloudelliset ja ympäristölliset reunaehdot, jotka pitää huomioida ennen investointipäätöksen tekoa. Tärkeää on myös selvittää hankkeeseen tarvittava toimittajaverkosto ja sen kapasiteetti sekä tarvittavien asiantuntijoiden saatavuus.

Toiminnanharjoittajan tulee myös tuntea säännökset ja lakiperusteiset vaatimukset sekä arvioida taloudelliset resurssit suhteessa toteutettavaan puistohankkeeseen.

Teollinen tuulivoimarakentaminen edellyttää kunnassa yleiskaavaa tai asemakaavaa.

Kehittäjän vastuisiin kuuluu myös hankkia ja teettää kaikki ne merituulipuiston rakentamiseen ja käyttöön liittyvät selvitykset, luvat sekä valtuutukset, jotka tarvitaan puiston hyväksyttämiseen. Tuulipuiston rakentamiseen tarvittavat luvat on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1: Tuulipuiston rakentamiseen tarvittavat luvat.

VIRANOMAINEN	LUPA
Rakennusvalvontaviranomainen	Rakennuslupa
Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi)	Lentoestelupa
Finavia	Lausunto lentoestelupaa varten
Puolustusvoimat	Lausunto hankkeen soveltuvuudesta aluevalvontaan
Liikennevirasto	Ohjeet vähimmäisetäisyyksistä teihin ja väyliin
Ympäristökeskus	Vesilupa ja ympäristölupa (melu- ja välkevaikutus)
Sähköverkko	Liityntälupa
Ympäristövaikutusten arviointi, YVA	Pakollinen yli 30 MW:n tai 10 voimalan kentille. Arvioidaan kenttätutkimusten ja selvitysten avulla merituulipuiston elinkaaren aikaisia vaikutuksia (asennus, käyttö ja elinkaari) ja suunnitellaan toimenpiteitä, joilla vaikutuksia voidaan vähentää. Arviointi pitää sisällään mahdolliset vaikutukset linnustoon, merieliöstöön, kalastukseen, meriliikenteen turvallisuuteen, rannikoiden suojeluun, meluun, visuaalisuuteen ja mm. kesäasutuksen viihtyvyyteen liittyviä seikkoja.
Tekniset taustaselvitykset	Merituulipuistohankkeen toteutus edellyttää lähtötietojen keräämistä voimaloiden suunnitteluvaiheessa päätöksenteon tueksi. Merituulipuistohankkeen lähtötiedoiksi tarvitaan mm. seuraavat: tuulimittaukset, veden syvyyssiedot, aalto- ja virtaustiedot sekä merenpohjan geotekniset tutkimukset perustustyyppin määrittämiseksi. Lisäksi on arvioitava tuulipuistoalueen jäänmuodostus: kiintojää, ahtojää, jään liikkeet, jäältä tuulivoimalaan aiheutuvat kuormat jne.

3.1.2 Merituulivoimapuiston suunnittelu

Merituulipuiston voimaloiden sijoitussuunnittelu (layout) pitää sisällään tuulipuiston toiminnallisten osien määrittelyn ja on pohjana yksityiskohtaisemmalle suunnittelulle, turbiinien valinnalle ja asennustavan määrittelylle. Merenpohjan laatuun perustuen määritellään voimalan perustus, tornirakenne ja turbiini. Perustusten yksityiskohmainen suunnittelu tuulipuistolle tehdään mittaustulosten, taustaselvitysten ja suunnitteluperusteiden mukaisesti. Suunnitteluun sisältyy rakenteen kuormitus- ja jännitystilojen simulointi, materiaalien valinta sekä eri valmistus- ja asennusmenetelmien arviointi ja mahdolliset rajoitukset. Lisäksi tarvitsee määrittää sähköverkkoliitäntä. Tämä sisältää kaapelireitin määrittelemisen tuulipuistosta maalle sekä kaikkien sähkökytkennässä tarvittavien laitteiden ja komponenttien määrittelyn.

3.1.3 Projektisuunnitelma ja hallinnointi

Projektisuunnitelma määrittelee periaatteet tuulipuiston toteutuksen hallinnasta ja koordinoinnista eli onko periaatteena ”avaimet käteen” vai jaetaanko toimitus osa- tai aliprojekteihin. Projektisuunnitelmaan sisällytetään myös riskiarviointi.

Logistiikkasuunnitelma kattaa merituulipuiston rakentamiseen liittyvät kuljetukset, tavarankäsittelyn ja varastoinnin. Logistiikkasuunnitelmassa määritellään toimitusketjun rakenne ja vaatimukset. Lisäksi eritellään käytettävät satamat, varastointialueet ja kuljetusvälineet.

3.1.4 Hankkeen rahoitus

Hankkeen rahoitussuunnitelma sisältää taloudellisuustarkastelun, elinkaarikustannusten alustavan selvittämisen, rahoituksen ehtojen alustavan varmistamisen sekä valittavan rahoitusmallin herkkyytstarkastelun. Lisäksi määritellään hankkeen taloudellisen seurannan järjestäminen.

3.2 Merituulivoimapuiston komponenttien suunnittelu ja valmistus

Merituulipuistossa käytettävät komponentit ovat periaatteessa samoja kuin maatuulipuistossa, mutta ne on suunniteltu yleensä tehokkaammiksi ja paremmin korroosiosuojatuiksi. Tällä taataan niiden kestävyys ja luotettavuus meriolosuhteissa. Merituulivoiman tarvitsema teknologia kehittyy jatkuvasti. Toiminta on keskittynyt komponenttien kehittämiseen niin, että niistä saataisiin kevyempiä, helpommin asennettavia, luotettavampia sekä pitempikestoisia, täten kasvattaen voimalan tuottavuutta ja tehoa.

3.2.1 Turbiini

Turbiinien teho kasvaa jatkuvasti generaattorien teknisen kehityksen, uusien materiaalien käytön ja muun teknisen kehityksen myötä niin että entistä tehokkaampia tuulivoimaloita asennetaan merelle. Turbiinin pääosat ovat torni, roottori ja naselli (konehuone).

Turbiini on tuulivoimalan toiminnallisesti tärkein osa, mistä johtuen tutkimus- ja tuotekehitystyö keskittyy pääosin turbiinin komponenttien parantamiseen ja kehitykseen. Erilaisia voimalakonsepteja on kehitelty viime aikoina. Vaihteistot aiheuttavat merkittävän riskin merituulivoimaloiden turbiineissa, koska roottorin lavoista turbiinin akselille siirtyvä valtava vääntömomentti. Luotettavuuden parantamiseksi yhä useammat turbiinimallit valmistetaan nykyään vaihteettomiksi, jotta voidaan välttää turbiinin kriittisimmän osan, kertojan, särkyminen. Tällaisista voimalatyypistä käytetään nimitystä suoravetogeneraattori. Tulevaisuudessa voidaan mahdollisesti käyttää suprajohdavia generaattoreita. Ne toimivat paremmalla hyötysuhteella ja antavat enemmän tehoa samoissa tuulioloissa pienemmällä ja kevyemmällä rakenteella ja lisäksi niitä on helpompi kuljettaa ja asentaa. Yritysyhteistyönä on kehitetty vaihteen ja generaattorin integrointi, jolla rakenne saadaan kevyemmäksi. Lisäksi huollettavuus paranee, kun kaikki komponentit voidaan vaihtaa nasellin sisällä. Tämän kehitystyön takana ovat olleet Moventas Oy ja The Switch Oy.

Korkeiden käyttö- ja huoltokustannusten sekä vaikeiden kulkujärjestelmien takia merituulivoimalaitoksen turbiinit tarvitsevat uusia ja parempia käytön seurantarjestelmiä, joilla voidaan seurata turbiinin kuntoa ja joiden perusteella voidaan myös ennustaa tuleva kunnossapidon tarve.

3.2.2 Torni

Tuulivoimalan torni asennetaan perustuksensa päälle määrätyn korkuisena, jotta se pystyy hyödyntämään halutun tuulen voimakkuuden. Mitä korkeammalle turbiini sijoitetaan, sitä voimakkaampi tuuli on ja sitä enemmän tehoa tuotetaan. Torni on tukirakenne, jonka varassa naselli ja roottori saadaan pysymään halutulla paikalla vaaditussa korkeudessa. Tornien korkeus vaihtelee 60 metristä yli 100 metriin ja ne on tavallisesti rakennettu 20–40 metriä pitkistä lieriömäisistä teräslohkoista.

Tornin sisällä on hissi- tai tikasjärjestelmä huoltohenkilöstön ylöskulkua varten sekä nostojärjestelmä komponenttien ja varaosien sisään- ja ulostuomiseksi. Tornin alaosassa on myös kaiteellinen huoltotaso ja vahvistetut tukipisteet materiaalien tilapäistä säilytystä ym. varten. Tornilohkon päihin on hitsattu kuumavalssatusta teräksestä tai takeesta koneistetut laipat. Lohkot kiinnitetään toisiinsa pulttamalla laipat yhteen. Alin tornilohko liitetään perustuksessa olevaan vastalaippaan erikoisteräksestä valmistetuilla pulteilla.

3.2.3 Roottori

Tuulen voima pyörittää roottoria sen aerodynaamisesti suunniteltujen lapojen avulla.

Roottorin tärkeimmät osat ovat lavat, lapojen säätöjärjestelmä ja napa. Tuuli ”tarttuu” turbiinin lapoihin ja saa aikaan roottorin pyörimisen, mistä teho siirtyy napaan ja pääakselille. Roottorin lavat on yleensä tehty eri epoksien ja lasikuidun yhdistelmästä. Uusimmat ja kehittyneimmät roottorin lavat ovat yli 60 metriä pitkiä ja ne painavat enimmillään 20 tonnia kappale. Lajojen säätökulman ohjausjärjestelmän tarkoituksena on säätää roottorin lavan kulmaa, jotta kulloisestakin tuulesta saataisiin maksimaalinen teho. Järjestelmä voi olla joko sähkömekaaninen (sisältäen elektronisen ohjausjärjestelmän, sähkömoottorin ja asennoitimen) tai sähköhydraulinen (sisältäen hydraulikoneikon, säätöyksikön sekä hydraulisylinterin). Napa on keskiö, joka on suunniteltu pitämään lavat yhdessä pyörimisen aikana. Siihen kohdistuu huomattava kuormitus johtuen isosta pyörivästä hitausmomentista. Napojen materiaalina käytetään yleisesti pallografiittivalurautaa.

Roottori on myös osa-alue, jossa tehdään tuotekehitystä. Optimaalisella suunnittelulla voidaan lapojen aerodynaamisia ominaisuuksia parantaa huomattavasti, mikä lisää roottorin suorituskykyä ja samalla voidaan maksimoida lapojen kykyä kestää dynaamisia kuormia. Vaihtoehtoisten materiaalien käytöllä voidaan vähentää kustannuksia, yksinkertaistaa rakenteita ja pidentää tuulivoimalan komponenttien käyttöikää.

3.2.4 Naselli

Tornin huipulla on naselli, johon roottori on kiinnitetty. Nasellin konehuoneessa on ne tarvittavat laitteet, joilla mekaaninen energia muutetaan sähköenergiaksi. Nasellia voidaan kääntää tuulen suunnan mukaisesti. Nasellin sisällä ovat tuulivoimalan tärkeimmät osat.

Konehuone koostuu ulkovaipasta, ulkopuolelle sijoitetusta sääsasemasta ja sisälle sijoitetuista laitteista kuten vaihteisto ja generaattori. Kotelo toimii turbiinin pääkomponenttien sääsuojana. Kartiomainen nokkaosa peittää roottorin napaa. Useimmissa tapauksissa ulkovaippa on tehty lasikuituvahvistetusta polyesterihartsista. Runkorakenne on suunniteltu kestämaan konehuoneen paino ja se on valmistettu nodulaarisesta tai pallografiittivaluraudasta. Voimansiirto koostuu joukosta komponentteja, jotka muuttavat roottorin synnyttämän hitaasti pyörivän, suuren vääntövoiman tehon suuren nopeuden ja pienen vääntövoiman tehoksi generaattoriin. Voimansiirto koostuu pääasiallisesti ulkoisesta kuoresta, vaihteistosta, akselistosta sekä kytkinjärjestelmästä. Generaattori muuntaa mekaanisen energian sähköenergiaksi. Standardigeneraattorista poiketen tuulivoimalan pitää pystyä toimimaan vaihtelevilla mekaanisen energian kuormilla, kun automatiikka säätelee lapakulmia tuuliolosuhteista riippuen. Generaattorien

rakenne voi olla joko synkronoitu, synkronoimaton tai jatkuva. Generaattori on liitetty konvertteriin, joka muokkaa sähkövirran taajuuden oikeaksi. Tämän jälkeen jännite täytyy muuttaa vielä korkeajännitteiseksi muuntajalla, jotta se soveltuu syötettäväksi sähköverkkoon (690 V – 20 kV).

Nasellin sisällä on myös jarrutusjärjestelmä. Jarrutusjärjestelmällä voidaan rajoittaa roottorin pyörintää ja pysäyttää se. Jarruja on kaksi ja pysäyttäminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Aerodynaamisen jarrun avulla siivet käännetään pystyasentoon, tällä saadaan poistettua tuulen roottorin lapoja pyörittävä voima. Mekaanisella jarrulla voimalla pidetään pysäytettynä. Huolto- ja kunnossapitotoimintaa varten roottorissa on vielä erikseen lukitukset, joilla pysäytys pitää voida varmentaa huoltotyön aikana, näitä lukituksia ei voimalan normaalin tuotantovaiheen aikana ole käytössä.

Tuulivoimalan nasellin kääntöjärjestelmä on sähkömekaaninen, jota käytetään kääntämään turbiinin naselli ja roottori tuulta vasten. Kääntöjärjestelmä koostuu tuulen suuntaa mittaavasta tuuliviiristä, tietokoneesta, jonka avulla käännetään roottori kohti tuulen suuntaa sekä sähkömoottoreista ja alennusvaihteista, joita ohjaamalla mekaaniset liikkeet suoritetaan.

3.2.5 Perustus

Tuulivoimalan perustuksen pitää kaiken aikaa pysyä vakana ja määritellyssä paikassa. Perustus on rakenne, joka ankkuroi tuulivoimalan merenpohjaan, toimii kantavana rakenteena turbiinille ja siirtää tuulivoimalasta syntyvät kuormitukset (paino ja dynaamiset kuormat) tukivoimiksi meren pohjaan. Perustuksen tyyppi määräytyy merenpohjan laadusta, vedensyvyydestä sekä mm. aaltojen, jään ja virtausten perustukseen aiheuttamista kuormista.

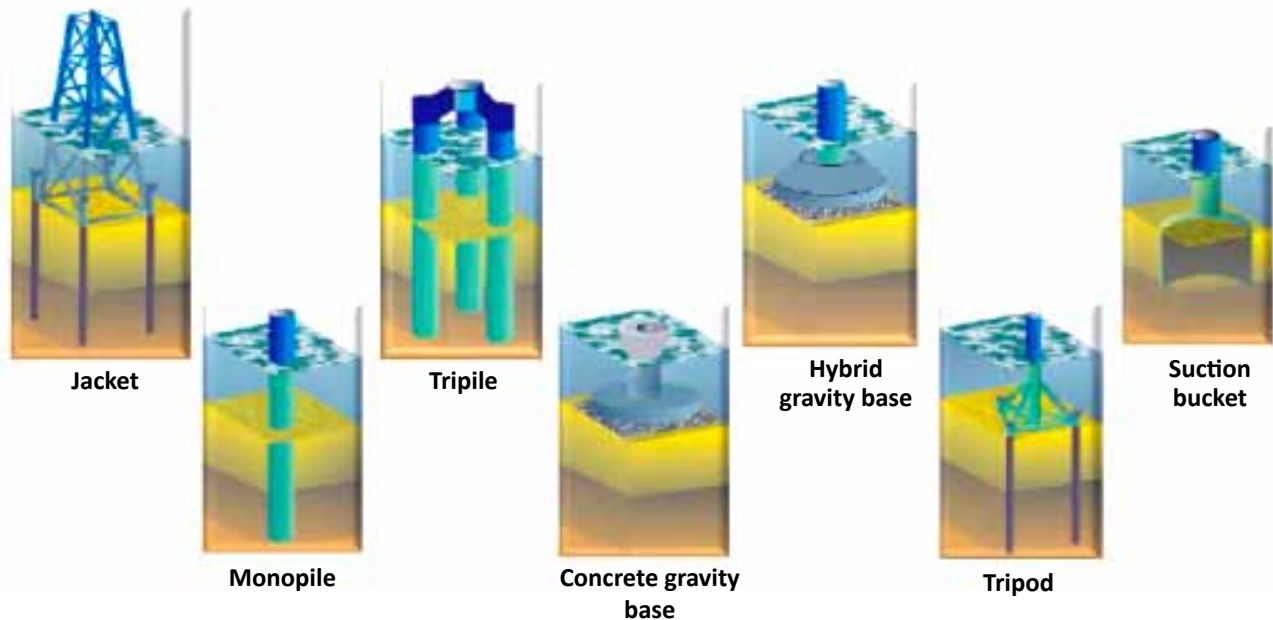
Usein varsinaisen perustusosan päälle asennetaan ns. muutokappale (transition piece), jolla varmistetaan perustuksen yläpinnan suoruus. Muutokappale yhdistetään varsinaiseen perustukseen esim. jälkivalulla (grouting), kun ensin on varmistettu ylälaipan suoruus.

Perustukset entistä syvempiin vesialueisiin

Pohjanmeren alueella merituulivoimaloissa on eniten käytetty paaluperustusta (monopile), joka voidaan tehdä joko teräksestä tai betonista ja niiden valmistaminen on helppoa, mutta ongelmana on, että ne eivät sovellu syviin vesiolosuhteisiin eivätkä täten täytä uusien merituulipuistojen perustusvaatimuksia, koska suuntaus on rakentaa merituulipuistot kauemmaksi rannasta syvempiin vesiin.

Perustusten tuotekehittely on suunnattu vaihtoehtoihin ratkaisuihin, jotka pystyvät kantamaan isomman turbiinin syvemmissä vedessä ja isommilla aaltokuormilla. Tällaisia vaihtoehtoja ovat esim:

- Betonikasuuni
- Teräskasuuni
- Jacketperustus (putkiristikko)
- Tripodperustus (kolmijalka)
- Nelijalka (quadruped)



Kuva 7: Kuvassa on esitelty käytössä olevia voimaloiden perustustyypppejä [5]

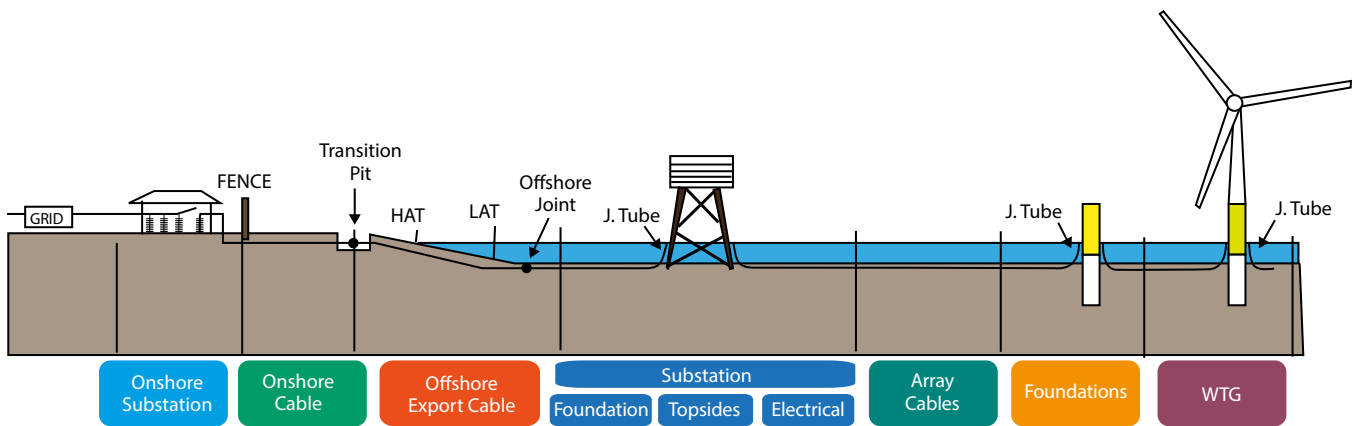
Kelluvat perustukset

Kiinnostava ja potentiaalinen vaihtoehto ovat kelluvat perusratkaisut. Kelluvien perustusten avulla voidaan laajentaa potentiaalisia asennusalueita syvään veteen. Täten tuulipuistojen visuaalinen maalle aiheutuva vaikutus minimoituu, koska ne on sijoitettu kauas rannasta. Tällaisten perustusten takia voidaan toteuttaa vaihtoehtoisia rakennus-, kuljetus- ja asennusmenetelmiä. Kelluva rakenne on myös monimutkaisempi toteuttaa, koska turbiinin toiminta häiriöityy, jos se pääsee liikkumaan tuulen ja aallokon voimasta. Tällä hetkellä perustuksen rakennuskustannukset ovat kalliit, mutta niitä pystytään alentamaan riittävän tuotekehityksen avulla.



Kuva 8: Kelluvien voimaloiden avulla päästään asentamaan tuulivoimaa yhä syvempiin vesiin [5].

3.2.6 Verkkoliitännät



Kuva 9: Merituulipuisto liitetään maalla olevaan sähköverkkoon merellä olevan sähköaseman kautta [5].

Verkkoliitännään tarvittavat pääkomponentit ovat merisähköasema, merikaapelit ja maasähköasema. Merituulivoimalaan ja sähköasemaan on integroitu monenlaisia laitteistoja kuten ohjauspaneeleita, sähköisiä säätölaitteita, kytkimiä jne. Laitteistojen avulla tuulivoimalla tuotettu energia muunnetaan sellaiseksi sähköenergiaksi, että se voidaan tehokkaasti siirtää maalla olevaan sähköasemaan.

Merellä olevat sähköiset laitteet

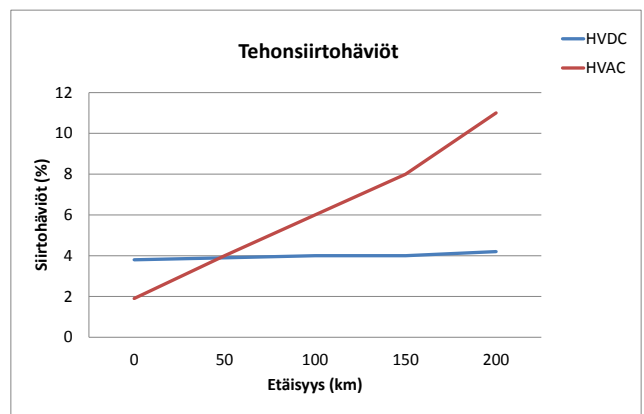
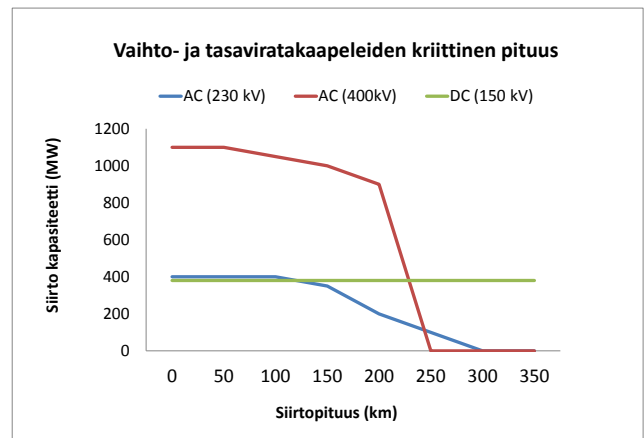
Merisähköasemalla sähkön jännite nostetaan korkeammaksi, jotta pystytään välttymään jännite- ja tehohäviöitä siirrettäessä sähkövirtaa maalle. Pitkien siirtomatkojen yhteydessä saatetaan vaihtovirta muuttaa tasavirraksi, mikä pienentää jännitehäviöitä mutta on huomioitava, että tasavirta-asema on merkittävästi kalliimpi kuin vastaava vaihtovirta-asema.

Energian muuntamisen tehokkuus sähköasemilla on edelleen keskeinen tutkimus- ja kehityskohde. Yksi tasavirran käyttöön liittyvä etu on sen synkronoimaton liittyminen verkkoon eli erillään olevien sähköasemien ei tarvitse olla samassa taajuudessa ja samalla voidaan hyödyntää tuulivoimalan vaihtelevia pyörimisnopeuksia.

Merikaapelit

Tuulipuiston sisäiset kytkentäkaapelit ovat kapasiteetiltaan yleensä 33 – 36 kV, mutta myös 66 kV:n kaapeleita on suunniteltu otettavaksi käyttöön. Kytchentäkaapeli (syöttökaapeli) on kaapeli, jolla tuulipuistossa tuotettu sähköenergia siirretään maalla olevaan sähköasemaan mahdollisimman pienillä tehohäviöillä. Kytchentäkaapelien kapasiteetti on tavallisesti 100 – 220 kV. Nykyisin kytchentäkaapeleina käytetään enimmäkseen korkeajännitevaihtovirta-kaapeleita (HVAC) mutta tasavirtayhteydellä käytetään korkeajännite-tasavirtakaapeleita (HVDC).

Vaihtovirtakaapeleiden tehonsiirtokyky on suurempi kuin tasajännitekaapeleiden, mutta vaihtovirtakaapeleiden rajoitetut tehonsiirtopituudet aiheuttavat haasteita. Vaihtovirtakaapelien tehonsiirtokyky laskee pituudesta 120–150 km alkaen, kun taas tasavirtakaapeleilla ei ole etäisyysrajoituksia. Lähitulevaisuudessa tasavirtakaapeleiden kehitys ja käyttö tullee vähentämään kriittisestä etäisyydestä,



Kuva 10: Vaihtovirtakaapeleiden tehonsiirtokapasiteetti laskee merkittävästi tietyn etäisyyden jälkeen, tasavirtakaapeli säilyttää tehonsiirtokäytönsä [1].

120 – 150 km, aiheutuvia ongelmia. Vaihtovirtajärjestelmä on kannattavampi etäisyyksillä 0- (-75) -100 km asti, koska riski tehonhäviöstä alkaa jo 60 kilometrissä ja siirtokyky alenee merkittävästi ylitettäessä 250 km:n siirtomatka.

Maalla olevat sähkölaitteet

Maaverkon ominaisuudesta riippuen voi olla välttämättä rakentaa maalle sähköasema, jolla tuulipuistosta tuleva syöttö sovitetaan verkon ominaisuuksiin. Maalla olevan sähköaseman laitteistoilla merituulipuistossa tuotettu energia säädetään, kytketään ja siirretään valtakunnan verkkoon.

3.2.7 Etävalvontaan ja ohjaukseen liittyvät laitteet

Tuulipuiston käyttöön ja ohjaukseen tarvitaan valvonta- ja säätölaitteita, sekä yksittäisiä voimaloita, että koko tuulipuistoa varten. Tuulivoimalan ohjauskeskus säättää ja valvoo tuulivoimalan toimintoja kuten tehontuottoa, lapon säätöä jne. Tuulivoimalan valvontajärjestelmä valvoo tuulivoimaloiden toimintatilaa. Tämä tapahtuu anturien avulla, jotka raportoivat laitoksen toiminnasta ja antavat hälytyksiä mahdollisista toiminnan häiriöistä. SCADA on tuulivoimapuiston hallintajärjestelmä, jolla yhdistetään tuulipuiston erilliset järjestelmät ja komponentit. SCADA:n raporttien perusteella suoritetaan tuulipuiston käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet. Tuulipuiston säätöaseman tehtävänä on koota tietoa ja ennustaa sääolosuh-

teita niin, että tuulipuiston toimintaa voidaan optimoida ja säätää olosuhteiden mukaisesti.

3.2.8 Muita tarvittavia teollisia palveluita

Muita tarvittavia teollisuuden palveluita ovat mm. nosto- ja kuljetuspalvelut, lämpö- ja pintakäsittely, kokoonpano, korroosionsuojaus, hitsaus jne.

3.3 Rakentaminen ja asentaminen

Tuulivoimapuiston sijainti merellä, hankalat työskentelyolosuhteet sekä rakenteiden koko ja paino tekevät merituulipuiston rakentamisesta hyvin haasteellisen tehtävän. Merellä suoritettavat kuljetus- ja nosto-operaatiot ovat kriittisimpiä vaiheita merituulipuiston rakentamis- ja asennusvaiheessa.

3.3.1 Satamapalvelut, välivarastointi ja esiasennukset

Merituulipuistohankkeen toteutus on logistinen haaste, johon tarvitaan isoja varasto- ja kenttäalueita komponenttien välivarastointiin ja esiasennukseen. Varastoalueiden kuormankantokyky pitää olla riittävä, jotta alueelle voidaan varastoida raskaita komponentteja kuten esim. voimalan perustukset tai nacellit. Sataman on sijaittava mahdollisimman lähellä tuulipuistoaluetta niin, että rakennusvaiheen



Kuva 11: Pori Offshore 1- voimalan turbiini odottamassa kokoonpanoa satamassa [5].

aikaiset kuljetukset saadaan tehtyä mahdollisimman tehokkaasti.

Sataman alueella suoritetaan voimalakomponenttien esi-asennuksia niin, että ne ovat mahdollisimman asennusvalmiita kokonaisuuksia ja lastattavissa asennusalukseen. Esiasennuksessa ja komponenttien lastauksessa satamassa tarvitaan tehokkaita siirto- ja nostokoneita. Asennusvaiheessa tarvitaan lisäksi muita palveluita, kuten hinaajat, miehistönkuljetusveneet ja muut tukitoiminnot.

Liitteessä 1 on kuvattu Pohjanlahden suurimpien satamien palvelut ja toiminnalliset mahdollisuudet.

3.3.2 Asennusoperaatiot merellä

Ennen varsinaisia asennusoperaatioita merenpohja tuulipuiston alueella valmistellaan perustuksen asennusta varten esim. ruoppaamalla. Ruoppaustarpeita voi aiheuttaa myös jack-up aluksen tukijalkojen kohdalla olevan merenpohjan vahvistaminen sekä merikaapeliin asennus.

Merellä tapahtuvan asennuksen päävaiheet ovat:

- esivalmistetun perustuksen asennus ja ”lukitus” merenpohjaan sekä eroosiosuojaus
- välikappaleen (transition piece) asennus ja jälkivalu (grouting)
- merikaapeliin asennus ja kytkennät



Kuva 12: Pori Offshore 1 - voimalan kokoonpanoa Meri-Porissa. Ensimmäiseksi asetetaan perustus. Tämän jälkeen kootaan torni ja viimeiseksi nostetaan roottori paikalleen [5].



Kuva 13: Merikaapelin pohjaan asennukseen tarvitaan erikoisesti tätä tehtävää varten suunniteltuja aluksia. Kuvassa Finnish Sea Service Oy:n kalustoa. [5]

- torniosien nostot ja pulttaukset
- nacellin nosto ja pulttaukset
- roottorin nosto ja pulttaukset

Asennustavasta ja perustuksesta riippuen nostolohkojen määrä vaihtelee esim. roottori voidaan asentaa esikoottuna tai napa ja lavat erikseen. Asennuksiin tarvitaan tarkoitukseen suunniteltuja tai muunneltuja aluksia, joilla voidaan hallitusti käsitellä ja nostaa isoja, painavia kappaleita.

Muita meriasennukseen sisältyviä töitä ovat esimerkiksi merikaapelien asennus, merisähköaseman asentaminen, maalla tehtävät sähköasennukset ja muut rakennustyöt ja palvelut. Tehokas merikaapelien asennus vaatii kaapelilasakuun suunnitellun aluksen ja erityisen etäohjattavan (ROV) ”kaapelauran” käyttöä.

Merituulipuiston merisähköaseman asentajilta edellytetään riittäviä pätevyyskykyä ja kykyä työskennellä meriolosuhteissa. Lisäksi käytettävien kaapelien pitää soveltua meriolosuhteisiin. Maalla on myös tehtävä sähköasennuksia: ”Normaalit maasähköasennukset” ovat osa merituulipuistohanketta. Tällaisia asennuksia ovat keski- ja suurjännitteisten kaapeleiden kytkentä verkkoon ja mereltä tulevien kaapeleiden kytkentä rannalla olevaan sähköasemaan.

Merituulipuistohankkeeseen sisältyviä rakennustöitä ovat mm. voimaloiden perustukset, sähköasemat sekä merelle että maalle ja tarvittavat sähkölinjat. Ison tuulipuiston käyttö- ja huoltotoimintoja varten tarvitaan maalle sijoitettava

tukikohta, jossa ovat valvomo, tarvittavat varastotilat, laiturit ja tavarankäsittelyvälineet. Asennustoimintojen tueksi tarvitaan monenlaisia lisäpalveluita kuten esim. nosturipalveluita, proomuja, hinaajia, miehistöaluksia, sukellus ym. merenalaisia asennuspalveluita.

3.4 Merituulipuiston käyttö ja kunnossapito

Merituulipuiston käyttöön ja kunnossapitoon tarvitaan samoja palveluita kuin maatuulipuistossa, mutta toiminnot on tehtävä ja sovellettava meriympäristöön.

3.4.1 Merituulipuiston käyttö

Käytön palveluihin sisältyvät mm. voimaloiden valvontapalvelut (käynnistys- ja pysäytyskäskyt, hälytysten käsittely jne.), puiston hallinta, tuotannon raportointi, huoltotoimenpiteiden ja korjauksien suunnittelu ja koordinointi sekä varaosapalvelut ja päivystys.

Merituulipuiston käyttö edellyttää myös sääpalvelua. Sääpalvelu tuottaa sääennusteita, joiden perusteella voidaan suunnitella merituulipuiston hallintaa: tuulet, aallokko, huoltokäynnit jne.

Kun voimala on tullut elinkaarensa päähän ja sen tuotanto ei enää ole riittävä, on voimala voitava purkaa ympäristöystävällisesti ja taloudellisesti. Suunnitelmat on laadittava

mm. voimalan purkamisesta, osien kierrätyksestä ja voimalan korvaamisesta uudella jne.

3.4.2 Merituulipuiston kunnossapito

Mekaanisten laitteiden kunnossapito ja korjaus sisältää kaikki ne toiminnot ja palvelut, joilla varmistetaan merituulipuiston jatkuva toiminta sisältäen mm. mekaanisten osien tarkastus-, huolto- ja korjauspalvelut.

Sähköisten laitteiden kunnossapito ja korjauspalvelut kattavat mm. tuulivoimaloiden ja sähköaseman laitteiden ja osien sekä merikaapeleiden tarkastus-, huolto- ja korjauspalvelut.

Muita käyttö- ja kunnossapitopalveluita ovat mm. materiaalien sekä käyttö- ja huoltohenkilökunnan kuljetus tuulivoimalalle eli tarvitaan mahdollisesti huoltoaluksia nostokoneineen, miehistönkuljetusveneitä, helikopteripalveluita, sukeltajapalveluita, kauko-ohjattavia robotteja jne.

3.4.3 Asennus-, käyttö - ja huoltolaitteiden suunnittelu ja rakentaminen

Erikoisvalmisteisten asennusaluusten saatavuus voi muodostaa pullonkaulan merituulipuistojen rakentamiselle.

Erityisesti pulaa on Itämeren alueen mataliin vesiin soveltuvista raskaiden komponenttien kuljetuksiin ja nostoihin soveltuvasta kalustosta.

3.4.4 Merituulipuiston rakentamisessa tarvittavat alukset

Merituulipuiston suunnittelu – ja rakentamisvaiheissa tarvitaan erilaisia aluksia. Merituulipuiston kehitysvaiheessa tutkimusalusaluksilla kerätään tietoja ympäristövaikutusten arviointia varten sekä tietoja asennusalueen merenpohjan laadusta ja vedensyvyyksistä perustustyyppin suunnittelua ja mitoitusta varten.

Pohjanmerellä on merituulipuiston perustus ja asennustöissä käytetty öljy- ja kaasusektorin käytössä olleita aluksia, mutta suuntaus on kohti erikoisvalmisteisia aluksia, jotka on suunniteltu merituulivoimapuiston rakentamiseen. Kaukoidässä ja Euroopassakin on rakenteilla useita tällaisia erikoisaluksia. Pohjoisen Itämeren alueella on lisäksi haasteena matalat ja karikkoiset vedet, joita varten on suunnitella joitakin aluksia Suomessakin.

Merikaapelien asennuksiin tarvitaan omat aluksensa. Maailmanlaajuisesti kaapelinlaskuun erikoistuneita aluksia löytyy vain rajallinen määrä ja nekin palvelevat pääosin muita



Kuva 14: Voimaloiden huolto talvisaikaan voi olla hankalaa ahtojäiden takia [5].

teollisuuden aloja, kuten tiedonsiirtoa, öljyn - ja kaasun tuotantoa jne.

Tukialuksia ja asennusalustoja ovat mm. jack-up -proomut, kuljetusproomut, ponttoonit, majoitusaluksset ym. joilla voidaan siirtää ja nostaa raskaita komponentteja ja jotka soveltuvat erityyppisiin asennustilanteisiin.

Apualukset tarjoavat tukipalveluja muille aluksille kuten esimerkiksi haraustehtävät, kuljetuspalveluita työkalujen, materiaalien ja henkilökunnan siirtämiseksi asennuspaikalle ja takaisin.

Nykyään Pohjanmerellä käytetään öljy- ja kaasuteollisuuden palveluksessa toimineita jack-up proomuja ja joitain muunneltuja aluksia perustusten ja voimaloiden asentamiseen. Nämä alukset on yleensä varustettu 4-6 tukijalalla, jotka ulottuvat merenpohjaan ja nostavat lautan joko kokonaan ylös vedestä tai tukevat aluksen nosto-operaatioiden ajaksi paikoilleen.

Nykyisiä jack-up -lauttoja voidaan käyttää asennuksiin 35 metrin syvyyteen asti. Syvemmillä merialueilla on käytettävä kelluvia lauttoja, joita ohjataan dynaamisen paikannusjärjestelmän (DP) ja ruoripotkurien avulla. Voimalat asennetaan aluksilla olevien nosturien avulla, mutta kehityksen myötä voimalakoot, nostopainot ja nostokorkeudet kasvavat eli tarvitaan tehokkaampia ja pidemmällä nostopuomilla varustettuja aluksia.

Merenpohjaan sijoittuvien kaapelien asennuksiin käytetään tähän työhön suunniteltuja erikoisaluksia ja kaivuuvälineitä tai auraa. Merituulipuiston asennustekniikassa on paljon kehitettävää, jotta voitaisiin käsitellä isompia rakenteita, nopeammin ja vaativammissa sääolosuhteissa.

3.4.5 Muut laitteistot ja palvelut

Asennukseen, käyttö- ja kunnossapitoon liittyen tarvitaan monenlaisten palveluiden järjestäminen. Näitä ovat esimerkiksi kulku tuulivoimaloille, vedenalaiset työt ja tarkastukset.

Merituulipuistossa työskentelevän henkilöstön ja kuljetusalusten pääsy merituulivoimalalle voi olla hankalaa vaihtelevista sääoloista johtuen. Monenlaisia kulkuratkaisuja ja aluksia on suunniteltu, mutta tilaa on edelleen uusille, turvallisille ja kustannustehokkaille ratkaisuille.

Vedenalaisia töitä ovat mm. merenpohjan valmistelu tuulivoimalan perustamiseksi, merenpohjan taseus, pohjan luotaus, eroosiosuojien teko, kaapeliasennukset sekä sukelluksin ja videoimalla suoritettavat tarkastukset. Näihin työvaiheisiin on erilaisia toteutusvaihtoehtoja, mutta laadukkaampia, turvallisempia ja taloudellisempia ratkaisuja pystytään varmasti suunnittelemaan ja kehittämään esim. hyödyntämällä kauko-ohjattavia sukellusrobotteja (ROV).

Haraus- ja merkintälaitteistoilla selvitetään puistoalueen vedensyvyydet ja puistoalueen matalikot. Asennus-, käyt-



Kuva 15: Pori Offshore 1 -voimalan perustusta täytetään soralla [5]

tö- ja huoltotöiden yhteydessä on tuulipuiston vesialueiden syvyyksistä ja karikoista oltava selvät kartastot ja niitä vastaava viitoitus, minkä avulla alueella operoivat alukset pystyvät välttämään mahdolliset lähistöllä olevat matalikot.

3.5 Tukitoiminnot

Keskeisiä osa-alueita merituulivoiman kehityksessä ovat tiedon saatavuus ja teknologiset palvelut.

3.5.1 T&K ja tekniset palvelut

Kun suuntaus on kohti yhä suurempia, tuottoisampia sekä tehokkaampia tuulipuistoja, niin tutkimus- ja kehitystyön merkitys kasvaa. Merituulivoiman laajamittainen käyttöönotto edellyttää, että tuulipuistot sijoitetaan kauemmas avomerelle ja syvemmille vesialueille, mikä aiheuttaa entistä isomman haasteen, sekä verkkoon kytkeytymiselle, että käytön ja kunnossapidon toteutukselle. Sähkönsiirron tehohäviöt on saatava minimiin ja etävalvonta sekä siihen perustuva kunnossapito voitava tehdä mahdollisimman tehokkaasti.

3.5.2 Testaus ja varmentaminen

Merituulivoimalaa voidaan mallintaa hydrodynaamisilla kokeilla koealtaassa, jossa testataan komponenttien toimintaa, kestävyyttä ja altistumista esim. aaltokuormille, jäille, ja korroosiolle sekä väsyttävien kuormien vaikutuksia.

3.5.3 Konsultointipalvelut

Merituulivoiman kehityksen ja rakentamisen eri vaiheissa tarvitaan erilaisia konsultointi- ja suunnittelupalveluita. Tällaisia ovat mm. laki- ja lupamenettelyt, rahoitus- ja yritysneuvonta jne. Laki- ja lupamenettelypalveluilta haetaan opastusta viranomaisvaatimuksiin ja lainsäädännöllisiin asioihin liittyen sekä neuvontaa luvanhakua varten. Rahoitus- ja yritysneuvonnalta haetaan neuvontaa liittyen mm. projektirahoitukseen, vakuutuksiin, liiketoimintasuunniteluun, riskienarviointiin, sähkönsiirtosopimuksiin jne.

Myös muihin asioihin tarvitaan opastusta, näitä ovat esimerkiksi laatu, turvallisuus, koulutus, HR, markkinointi ja viestintä. Neuvontaa tarvitaan mm. henkilöstöhallintoon, työturvallisuuteen ja koulutukseen liittyen sekä markkinointi- ja viestintätoimintojen kehitystyöhön.

4. Kehitystarpeet

Merituulivoiman laajamittaisen käyttöönoton toteuttamiseksi tarvitaan tutkimus- ja kehitystoimenpiteiden keskittämistä ja ohjaamista seuraaviin osa-alueisiin

Prosessit: Yleisessä mielessä voidaan kehittää vaihtoehtoisia, tuottavampia ja luotettavampia prosesseja korvaamaan nykyisiä menetelmiä.

Suunnittelutekniiikka: Luodaan uusia ratkaisumalleja ja rakenteita, jotka pystyvät vastaamaan uusiin haasteisiin. Kehitetään mallinnustyökaluja, virtausmekanista laskentaa (CFD) sekä säätöjärjestelmiä.

Materiaalitekniikka: Kehitetään uusia materiaaleja, joilla voidaan pidentää tuulivoimaloiden käyttöikää kuten esim. korroosiota kestävät materiaalit, kevyemmät tukirakenteet jne. Hyödynnetään muiden teollisten alojen käytössä olevia sovelluksia ja prosesseja.

Tietoliikenne: Uusimpien anturijärjestelmien ja satelliittiseurannan avulla optimoidaan tuulipuiston ohjausta, käyttöä ja kunnossapitoa.

Uudet konseptit: Merituulivoiman toimintamallien ja menetelmien optimoinnilla voidaan parantaa liiketoiminnan kilpailukykyä. Esimerkkinä perustusratkaisujen kehitys kuten kelluvat perustukset tai pysty akseliset turbiinit.

Asennus: Kehitetään uusia, helpompia ja halvempia asennusmenetelmiä yhdessä uusien asennusaluekonseptien kanssa.

Huollettavuus: Merituulivoimalalle pääsy sääoloista johtuen voi olla vaikeaa, minkä vuoksi laitokset on kehitettävä sellaisiksi, että huollon tarve on mahdollisimman vähäistä. Esim. vaihteeton turbiini soveltunee merituulipuistoon hyvin, koska se sisältää vähemmän liikkuvia osia.

Käyttö- ja kunnossapito: Kehitetään etävalvontaa, seurantaa ja ohjausta, minkä avulla voidaan välttää tarpeettomia huoltokäyntejä merituulipuistolla

Rakennesuunnittelu: Rakennesuunnittelun painopisteenä on kehittää kestävämpiä, kevyempiä ja helpommin asennettavia rakenteita kuten perustukset, tornit, nacelli, jne.

Voiteluaineet ja pinnoitteet: Kehitetään voiteluaineita ja pinnoitteita kestämaan meriolosuhteista aiheutuvaa korroosiota sekä parannetaan niiden tribologiaa (kitka, voitelu ja kuluminen) ominaisuuksia.

Mallinnus: Mallinnuspalveluilla, voidaan analysoida erilaisien muuttujien vaikutusta rakenteisiin. Muuttujina voivat olla esim. dynaamiset kuormat, aerodynaamiset kuormamuutokset tai taajuus- ja jännitekuormat.

Säätömekanismi: Kehitetään säätö- ja ohjaustekniikoita, joiden avulla voidaan optimoida järjestelmien kuormitustiloja ja esim. niistä syntyviä väsymiskuormia.

Anturijärjestelmät: Kehitetään anturijärjestelmiä, joilla voidaan optimoida erilaisten muuttujien mittausta ja säätöä. Esim. SODAR, LIDAR jne.

Mikroelektronikka: Mikroelektronisten laitteistojen, esim. valvonta-anturit, tuotekehitys jotta niitä voidaan käyttää luotettavasti eri olosuhteissa kuten pakkasella. Kehitetään uusia sovelluksia, joilla voidaan paremmin käyttää sähköisten anturien säätöparametreja järjestelmien ohjaukseen.

Tehoelektronikka: Tehoelektronikan kehityksen merkitys on kokoajan kasvussa erityisesti HVDC (korkeajännitteinen tasavirta) tehonsiirtojärjestelmien myötä. Kehitetään uusia pienemmällä häviöllä toimivia tehoelektronikan sovelluksia energiansiirtojärjestelmiin (HVDC).

Satelliittijärjestelmät: Satelliittijärjestelmiä voidaan hyödyntää mm. käytettäessä kauko-ohjausta ja valvontaa.

Meriolosuhteet: Kehitetään ja luodaan menetelmiä, joilla merituulipuiston toiminnasta aiheutuvat ongelmat voidaan minimoida ja estetään ekosysteemiin syntyvä vahinko.

5. Lähdeluettelo

[1] Ente Vasco de la Energie, Cluster Energia, Maritimo Vasco Foro. (2011). [www.clusterenergia.com](http://www.clusterenergia.com/publicaciones/Cat%C3%A1logo-Vasco-de-E%C3%B3lica-offshore.pdf). Haettu 2012 osoitteesta <http://www.clusterenergia.com/publicaciones/Cat%C3%A1logo-Vasco-de-E%C3%B3lica-offshore.pdf>

[2] Kuva 3: Suomen Tuuliatlas (www.tuuliatlas.fi).

[3] VTT. 22.1.2012. Wind energy statistics in Finland. Haettu 1.8.2012 osoitteesta http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/windenergystatistics_projects.jsp

[4] VTT. (ei pvm). Suomen tuulivoimatilastot. Haettu 2. 5 2012 osoitteesta http://www.vtt.fi/files/projects/windenergystatistics/kuvat/tuotantotilasto_fi.jpg

[5] Kuvat 5, 7-9, 11-15 Technip Offshore Finland Oy

[7] Finlex.fi. 1396/2010.

Suomen satamat Pohjanlahden alueella



Tornio, Röyttä, (Outokumpu Oy)

Yhteystiedot:	puh. (016) 432 11
Väylien syvyys:	10,2 m
Laiturien pituudet :	laituri 2: 186 m laituri 3: 143 m laituri 4: 154 m laituri 5: 153 m laituri 6: 278 m laituri 7: 183 m
Nostokapasiteetti:	1 x 80 t, 2 x 36 t ja autonostureita
Kenttäalueet:	Noin 10 ha

Kenttäalueet:

varastotiloja paperi-, sellu- ja puutavaraiteollisuuden tuotteille
varastotiloja paperiteollisuuden kemikaaleille ja täyteaineille

Kemin Satama, Ajos

Yhteystiedot:	puh. (016) 215 1600
Väylien syvyys:	laituri 11: 6,7/ 7,7 m laituri 2: 8,7m laiturit 3 ja 4: 10 m
Laiturien pituudet:	laituri 1: 160 m/160 m laituri 2: 283 m laituri 3: 186 m laituri 4: 186 m
Nostokapasiteetti:	autonostureita 6-30 t kaikilla laitureilla
Kenttäalueet:	15 ha päällystettynä 5 ha sorakentällä

Oulun Satama, Oritkari

Yhteystiedot:	puh. 044 703 2753
Väylien syvyys:	päälaituri: 9 m pohjoislaituri: 10 m kemikaalilaituri 1: 7,5 m kemikaalilaituri 2: 9 m
Laiturien pituudet:	päälaituri: 343 m pohjoislaituri: 160 m kemikaalilaituri 1: 162 m kemikaalilaituri 2: 70 m
Nostokapasiteetti:	päälaituri 2 x 50 t
Kenttäalueet:	asfaltoidut 23,5 ha asfaltoimattomat 39 ha

Oulun Satama, Nuottasaari

Yhteystiedot:	puh. 044 703 2753
Väylien syvyys:	Nuottasaaren laiturit: 6,4 m kemikaalilaituri K1: 7,5 m kemikaalilaituri K2: 10 m
Laiturien pituudet:	Nuottasaaren laiturit: 320 m kemikaalilaituri K1: 162 m kemikaalilaituri K2: 75 m
Kenttäalueet:	laiturin lisäksi ei varsinaista kenttäaluetta

Kemin Satama, Veitsiluoto (Stora Enso)

Toimii vain raaka-ainesatamana

Yhteystiedot:	puh. (016) 215 1600
Väylien syvyys:	laituri 1-7: 7 m
Laiturien pituudet:	laituri 1: 135 m pistolaituri 2-3: 210 m pistolaituri 4-5: 230 m laituri 6: 135 m laituri 7: 120 m
Nostokapasiteetti:	mobiliinostureita 6/7-12 t

Oulun Satama, Vihreäsaari

Yhteystiedot:	puh. 044 703 2753
Väylien syvyys:	öljylaituri: 10 m bulk-laituri: 10 m



Laiturien pituudet: öljylaituri: 72 m
bulk-laituri: 151 m
Nostokapasiteetti: bulk-laituri 1 x 6 t ja 1 x 8 t
Kenttäalueet: päällystettyä aluetta 2 ha

Raahen Satama, Lapaluoto

Yhteystiedot: puh. 044 439 3930
Väylien syvyys: laituri 1: 10 m
laituri (2): 10 m
Laiturien pituudet: laituri (1): 101 m
laituri (2): 120 m
Nostokapasiteetti: liikkuvia nostureita max 140 t
Kenttäalueet: varastokenttää 12 ha

Raahen Satama, Rautaruukki

Yhteystiedot: puh. 044 439 3930
Väylien syvyys: laituri 1-3: 10 m
Laiturien pituudet: laituri 1-3 yht.pit: 370 m
laituri 4-5: 263 m
laituri 6-7: 206 m
Nostokapasiteetti: 4 x 12,5 t, 1 x 40 t, 1 x 60 t,
liikkuva nosturi tilattavissa
Kenttäalueet: varastokenttää n. 25–30 ha

Kalajoen Satama, Rahja

Yhteystiedot: puh. 08 46 911
Väylien syvyys: laituri: 8,5 m
Laiturien pituudet: laituri: 415 m
Nostokapasiteetti: käytössä mobiilinnostureita
Kenttäalueet: Kokonaispinta-ala 32 ha

Kokkola, Syväsatama

Yhteystiedot: puh. 06 824 2400
Väylien syvyys: laituri 6-8: 9,5 m
laituri 9: 11 m
laituri 10-11: 13 m
Laiturien pituudet: laituri 6: 160 m
laituri 7: 140 m
laituri 8: 100 m
laituri 9: 180 m
laituri 10: 220 m
laituri 11: 205 m
Nostokapasiteetti: 4 x 40 t satamanostureita
Kenttäalueet: varastokenttää 30 ha

Kokkolan kantasatama, bulk-satama

Yhteystiedot: puh. 06 824 2400
Väylien syvyys: laituri 1, 2, 5: 9,5 m
laituri AWT: 8,3 m
Laiturien pituudet: laituri 1: 150 m
laituri 2: 150 m
laituri AWT: 122 m
laituri 5: 83 m
Nostokapasiteetti: 1 x 50 t siltanosturi
2 x 8 t satamanostureita
1 x 60 t mobiilinnosturi

Pietarsaaren Satama

Yhteystiedot: puh. 06 723 6128
Väylien syvyys: Laukko 1- 3: 9 m
Buskön laituri: 7,4 m
etelälaituri: 7,4 m
sementtilaituri: 6 m



Laiturien pituudet:	Laukko 1 ja 2: 150 m Laukko 3: 200 m Buskön laituri: 160 m etelälaituri: 150 m sementtilaituri: 100 m
Nostokapasiteetti:	nosturit 1 x 6 t, 1 x 10 t, 1 x 30 t ja 1 x 36 t
Kenttäalueet:	varastointikenttää 2,56 ha 8 ha kenttäalue on valmistumassa v. 2015

Vaasan Satama, Vaskiluoto

Yhteystiedot:	puh 06 325 4501
Väylien syvyys:	hiililaituri: 9 m Reininlaituri: 7,4 m matkustajalaituri: 5,7 m/6,8 m pohjoislaituri: 6,4 m etelälaituri: 8,7 m Lassenlaituri: 9 m öljylaituri: 9 m
Laiturien pituudet:	hiililaituri: 145 m Reininlaituri: 240 m matkustajalaituri: 140 m/155 m pohjoislaituri: 160 m etelälaituri: 180 m Lassenlaituri: 214 m öljylaituri: 105 m
Nostokapasiteetti:	etelälaituri 1 x 5 t Lassenlaituri 2 x 5 t muilla laitureilla mobiilinnosturit
Kenttäalueet:	Suunnitelma 1,7 ha kenttäalueesta konttien varastointiin

Kaskisten Satama, Syväsatama

Yhteystiedot:	puh 06 220 7283
Väylien syvyys:	laituri: 9 m tihtaalilaituri: 9 m laituri A: 9 m
Laiturien pituudet:	laituri: 500 m tihtaalilaituri: 150 m laituri A: 165 m
Nostokapasiteetti:	5 kpl mobiilinnostureita 2 x 110 t, 1 x 100 t, 1 x 90 t, 1 x 65 t
Kenttäalueet:	päällystettyä varastokenttää 15 ha

Kaskisten Satama, Bulksatama

Yhteystiedot:	puh 06 220 7283
Väylien syvyys:	laituri: 7.2 m
Laiturien pituudet:	laituri: 40 m
Nostokapasiteetti:	trukkeja 20 x 3-16 t
Kenttäalueet:	päällystettyä varastokenttää 1 ha

Kristiinankaupunki, Karhusaaren Satama

Kristiinankaupunki, Karhusaari (PVO-lämpövoima)	
Yhteystiedot:	puh 06 221 1196
Väylien syvyys:	laituri: 12 m
Laiturien pituudet:	laituri: 160 m



Merikarvian Satama

Yhteystiedot: puh. 044 7246 302
 Väylien syvyys: laituri: 4,5 m
 Laiturien pituudet: laituri: 80 m

Porin Satama, Mäntyluoto

Yhteystiedot: puh 02 621 2600
 Väylien syvyys: laituri: 10 m
 Laiturien pituudet: laituri: 2000 m
 Nostokapasiteetti: monitoiminosturi 1 x 60 t,
 täsmänosturi 1 x 9 t
 monitoiminosturi 1 x 50 t ja
 1 x 32 t
 konttinosturi 1 x 53 t
 vastapainonosturi 1 x 10 t
 raskasnosturi 1 x 200 t,
 1 x 100 t, 1 x 80t, 1 x 40 t
 monitoiminosturi 1 x 20 t ja
 1 x 40t
 kahmaripurkain 2 x 20 t,
 3 x 40 t ja 1 x 24 t
 Kenttäalueet: satamakenttäalueet 4 ha, 20 ha

Porin Satama, Tahkoluoto

Porin Satama, Tahkoluoto, syväsatama
 Yhteystiedot: puh 02 621 2600
 Väylien syvyys: laituri: 15,3 m
 Laiturien pituudet: laituri: 450 m
 Nostokapasiteetti: nosturit 1 x 40 t ja 1 x 32 t
 kenttäalueet pinta-alat: vapaita alueita yht. 30 ha

Porin Satama, Tahkoluoto, öljysatama

Yhteystiedot: puh 02 621 2600
 Väylien syvyys: laituri: 10 m
 Laiturien pituudet: laituri: 105 m

Porin Satama, Tahkoluoto, bulksatama

Yhteystiedot: puh 02 621 2600
 Väylien syvyys: laituri: 10 m
 Laiturien pituudet: laituri: 145 m

Olkiluodon Satama

Yhteystiedot: puh. 040 7448 190
 Väylien syvyys: laituri: 6 m
 Laiturien pituudet: laituri: 100 m
 Nostokapasiteetti: nosturit 3 kpl
 Kenttäalueet: varastokenttää 5,5 ha

Rauman Satama

Yhteystiedot: puh 02 834 4712
 Väylien syvyys: laituri: 7,5 m (Valkeakari)
 laituri: 10 m (Rihtniemi)
 Laiturien pituudet: 20 laituri paikkaa yht. 3233 m
 Nostokapasiteetti: kiinteät 1 x 16 t ja 1 x 45 t
 konttipukkinosturi 1 x 48 t
 mobiilinnosturit 2 x 8 t, 4 x 100 t
 kurottajat 11 x 45 t ja 2 x 12 t
 Kenttäalueet: kenttäalueet yhteensä 115 ha

Länsi-Suomen Tuulivoimakeskus-hankkeessa mukana olevat yhteistyöyritykset:

YRITYS	OSOITE	Sähköposti
AC Tower Company Oy	Kuruntie 620, 39820 Kihniö	www.actower.com
Alfons Håkans	Linnankatu 36 C, 20100 Turku, Finland	www.alfonshakans.fi
Copax Oy	PL2, 62101 Lapua	www.copax.fi
Empower Oy	Atomitie 2 C, 00370 Helsinki	www.empower.fi
EPV Tuulivoima Oy	Frilundintie 7, 65710 Vaasa	www.epv.fi
Havator Oy	Jääkärintie 4, PL 24, 95400 Tornio	www.havator.com
Hollming Works Oy	Puunaulakatu 3, PL 96, 28101 Pori	www.hollmingworks.com
Hydroll Oy	PL 12, 62101 Lapua	www.hydroll.com
JTA-Connec tion	Vestonkulma 1 B, Tampere	www.jtaconnection.fi
Kip Infra Oy	PL 17, 67101 Kokkola	www.kokkola.fi
Kumera Machinery Oy	Kylmäkoskentie 18, 37910 Kylmäkoski	www.kumera.com
Labkotec	Myllyhaantie 6, 33960 Pirkkala	www.labkotec.fi
Maint Way	Patruunatehtaantie 13, PL 62, 62101 Lapua	www.maintway.fi
Meehanite Technology	Kantokatu 7, PL 112, 04201 Kerava	www.meehanite.org
Meriäura Group	Linnankatu 88, 20100 Turku	www.meriäura.fi
Meritaito Oy	PL 111, Porkkalankatu 5, 00181 Helsinki	www.meritaito.fi
Mervento Oy	Yrittäjänkatu 13, 65380 Vaasa	www.mervento.com
Metso Foundries Jyväskylä Inc	P. O Box 342, 40101 Jyväskylä	www.metso.com
Mobimar Oy	Pansiontie 56, 20240 Turku	www.mobimar.com
Mäkelä Alu Oy	Mäkeläntie 2, 62830 Luoma-aho	www.makelaalu.fi
Numerola Oy	Väinönkatu 7C, PL 126, 40101 Jyväskylä	www.numerola.fi
Oy KGN Tool Ab	Kaitsorvägen 36, 66710 Kaitsor	www.kgntool.com
Pori Energia Oy	Radanvarsi 2, 28100 Pori	www.porienergia.fi
PP-Hydraulics	Kuusikontie 3, 62100 Lapua	www.pphydraulics.fi
Ramboll Finland Oy	PL 25, 02601 Espoo	www.ramboll.fi
Siemens	Majurinkatu 6, 02600 Espoo	www.siemens.com
STX Finland Oy	P.O. Box 666 (Telakkakatu 1), FI-20101 Turku, Finland	www.stxeurope.com
Suomen Hyötytuuli Oy	PL 9, 28101 Pori	www.hyotytuuli.fi
Technip Offshore Finland	Reposaaren maantie 170, 28800 Pori	www.technip.com
Terramare Oy	PL 14, 00441 Helsinki	www.terramare.fi
The Switch Oy	Yrittäjänkatu 11, 65380 Vaasa	www.theswitch.com
Trikatex	PL 273, 67101 Kokkola	www.trikatex.fi
Vaasa Engineering Oy, VEO	Runsorintie 5, 65380 Vaasa	www.veo.fi
Vacon Oy	Runsorintie 7, 65380 Vaasa	www.vacon.com
wpd Finland Oy	Keilaranta 13, 02150 Espoo	www.wpd.fi
3D Wind Service Oy	Rautatehtaankatu 22 P.O. Box 25 20201 Turku	www.3dws.fi

PRIZZTECH



Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013

WEST FINLAND WIND CENTER

