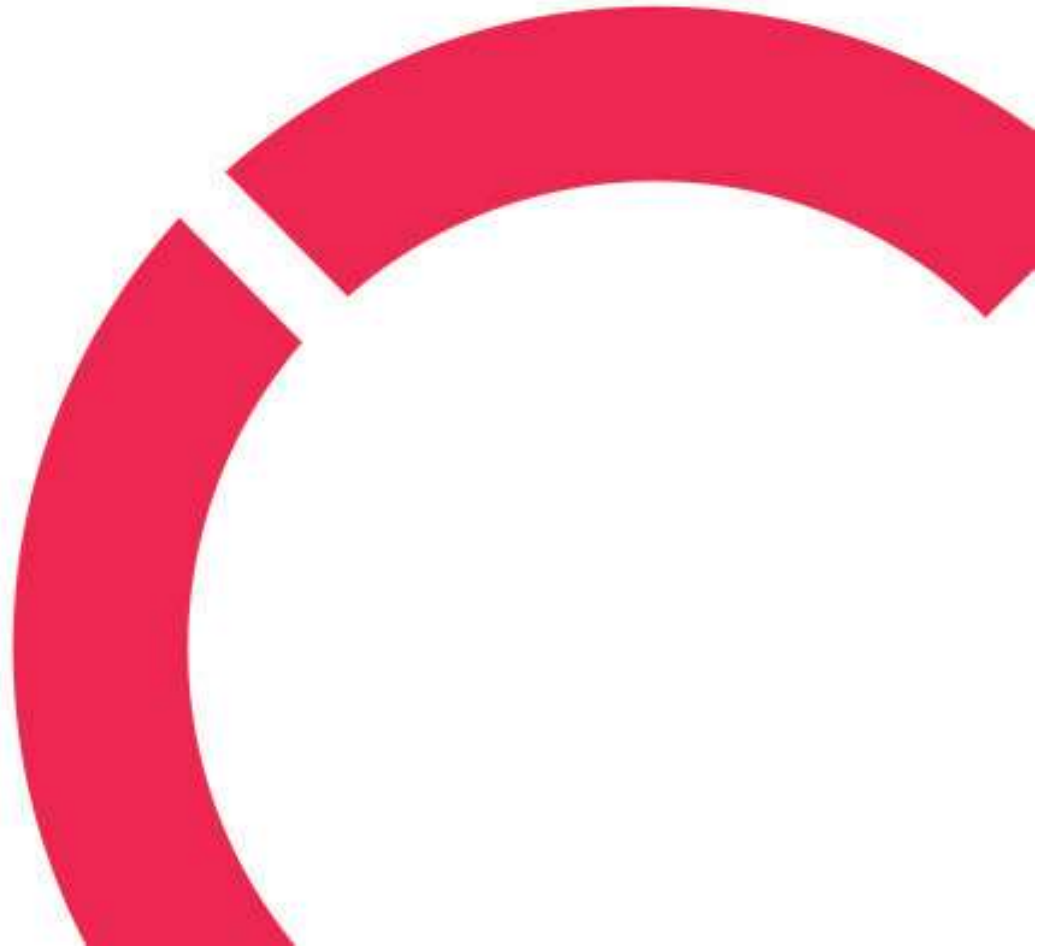


**Maria Yliparkas**

## **TUULIVOIMA JA SEN KOULUTUSTARVE**

**GWO-koulutusten sertifiointi**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus  
Maaliskuu 2024**



## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Maaliskuu 2024	<b>Tekijä/tekijät</b> Maria Yliparkas
<b>Koulutus</b> Sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Työn nimi</b> TUULIVOIMA JA SEN KOULUTUSTARVE. GWO-koulutusten sertifiointi		
<b>Työn ohjaaja</b> Aki Suokko		<b>Sivumäärä</b> 41
<b>Työelämäohjaaja</b> Tero Kaarlela		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka saadaan kansainvälisen tuulivoimayhdistyksen sertifikaatti koulutusten järjestämiseen. Ensimmäisissä luvuissa keskityttiin tuulivoiman tilanteeseen Suomessa eli perehdyttiin tuulivoimalukuihin sekä tuulivoiman vaikutuksiin ja investointitahtiin. Lisäksi käytiin läpi tuulivoimahankkeen vaiheet aina esiselvityksestä toteutukseen. Työssä tarkasteltiin myös tuulivoimalan ylläpitoa, huoltoa ja sen tarvetta.</p> <p>Viimeisissä luvuissa perehdyttiin tuulivoima-alan työtilanteeseen sekä koulutustarpeisiin Suomessa. Lisäksi selvitettiin, mitä koulutuksia tuulivoimatyömaalle tarvitaan sekä tutustuttiin GWO-koulutusten sisältöön ja sertifikaatin hakemisprosessiin.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena laadittiin lyhyt tietopaketti tuulivoiman koulutustarpeista ja tarkemmin kansainvälisen tuulivoimayhdistyksen koulutuksista.</p>		
<b>Asiasanat</b> Koulutus, sertifiointi, tuulivoima, tuulivoimapuisto.		

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> March 2024	<b>Author</b> Maria Yliparkas
<b>Degree programme</b>		
<b>Name of thesis WIND POWER AND EDUCATION. Certification of GWO trainings</b>		
<b>Centria supervisor</b> Aki Suokko	<b>Pages</b> 41	
<b>Instructor representing commissioning institution or company</b> Tero Kaarlela		
<p>The aim of the thesis was to find out how to get the certificate from the global wind organization for organizing trainings. The first chapters focuses on the wind power situation in Finland, wind power statistics, the effects of wind power and the rate of investments. In addition, the phases of the wind power project were reviewed from preliminary plans to the construction. Wind turbine maintenance and its needs were also reviewed.</p> <p>In the last chapters the focus is on the work situation and needs of trainings in Finland. In addition, the necessary trainings for the wind power site were clarified. The content of GWO trainings and the application process for the certificate was reviewed.</p> <p>The result of the thesis was a short information package about the training needs of wind power and especially about the trainings and certification of the global wind organization.</p>		
<p><b>Key words</b> Training, certification, wind power, wind farm.</p>		

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **AED**

Automated external defibrillator, defibrilaattori.

### **BTS**

Basic safety training standard, BTS-koulutus.

### **BTT**

Basic technical training, BTT-koulutus.

### **ELY-keskus**

Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskus.

### **GWO**

Global Wind Organisation, kansainvälinen tuulivoimayhdistys.

### **HTV**

Henkilötyövuosi.

### **kV**

Kilovoltti.

### **L-ABCDE-menetelmä**

Airway, breathing, circulation, disability, exposure, systemaattinen peruselintoimintojen toimintamalli.

### **LIDAR**

Light detection and ranging, tuulimittausmenetelmä.

### **MRL**

Maankäyttö- ja rakennuslaki.

**MW**

Megawatti.

**POCD-prosessi**

Participate, observe, co-deliver, deliver under observation, kouluttajan pätevyysprosessi.

**SODAR**

Sonic detection and ranging, tuulimittausmenetelmä.

**TWh**

Terawattitunti.

**YVA-selvitys**

Ympäristövaikutusten arviointi.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 TUULIVOIMA SUOMESSA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Tuulivoiman vaikutukset.....	3
2.2 Tuulivoiman investointitahti .....	4
<b>3 TUULIVOIMALAITOSHANKKEEN VAIHEET .....</b>	<b>6</b>
3.1 Esiselvitys ja sopivan alueen etsintä .....	6
3.2 Neuvottelut kunnan ja maanomistajien kanssa. ....	7
3.3 Tuulimittaukset .....	7
3.3.1 LIDAR- ja SODAR-mittaus .....	8
3.4 YVA-selvitys ja kaavoitus.....	8
3.4.1 Maakuntakaava .....	9
3.4.2 Yleiskaava .....	9
3.4.3 Asemakaava .....	9
3.4.4 Suunnittelutarvealue- ja ratkaisu .....	10
3.5 Sähkösovimukset ja neuvottelut verkonhaltijan kanssa .....	10
3.6 Luvitukset .....	10
3.6.1 Rakennuslupa .....	11
3.6.2 Ympäristölupa .....	11
3.6.3 Vesilupa .....	11
3.6.4 Rajavartiolaitos ja puolustusvoimat.....	11
3.6.5 Lentoestelupa.....	12
3.6.6 Purkamislupa.....	12
3.7 Toteutus ja rakentaminen .....	12
<b>4 TUULIVOIMALAN YLLÄPITO JA HUOLTO .....</b>	<b>14</b>
4.1 Käyttö- ja huoltosopimus .....	14
4.2 Voimaloiden huoltotarve .....	14
<b>5 TUULIVOIMA-ALAN TYÖ- JA KOULUTUSTILANNE .....</b>	<b>17</b>
5.1 Tuulivoima-alan työllistäminen Suomessa .....	17
5.2 Tuulivoima-alan koulutus Suomessa.....	20
<b>6 TARVITTAVAT KOULUTUKSET TUULIVOIMATYÖMAALLE .....</b>	<b>22</b>
6.1 Global Wind Organisation .....	22
6.2 BST-training .....	22
6.2.1 First aid- ensiapu.....	23
6.2.2 Manual handling- taakan käsittely.....	23
6.2.3 Fire awareness- tulityötietoisuus .....	23
6.2.4 Work at heights- korkealla työskentely .....	24
6.2.5 Sea survival – meripelastautuminen.....	25
6.3 ART-training- edistynyt pelastuskoulutus.....	26
6.4 BTT-training.....	26
6.4.1 Mechanical- mekaaninen työ .....	27

6.4.2 Electrical- sähkötyö.....	27
6.4.3 Hydraulic- hydraulikkatyö.....	28
6.4.4 Bolt tightening- kiristystyö .....	28
6.4.5 Installation- asennustyö .....	28
6.5 Työturvallisuuskortti .....	29
6.6 SFS 6002-sähkötyöturvallisuuskortti .....	30
6.7 Tulityökortti.....	30
<b>7 GWO-KOULUTUSTEN SERTIFIOINTI.....</b>	<b>31</b>
7.1 WINDA.....	31
7.2 Tukiprosessi.....	31
7.2.1 Organisaatio, roolit ja vastualueet .....	32
7.2.2 Dokumentaatio .....	32
7.2.3 Riskien arviointi ja minimointi, poikkeukset ja vaaratilanteiden raportointi .....	33
7.3 Laitteet, resurssit ja yleiset vaatimukset.....	33
7.3.1 Koulutustilat .....	33
7.4 Kouluttajien pätevyys .....	34
7.5 Koulutus ja arviointi .....	35
7.6 Kustannukset.....	36
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>37</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>39</b>
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Tuulivoimaloiden lukumäärä ja teho Suomessa .....	2
KUVIO 2. Tuulivoimaloiden keskimääräinen koko Suomessa .....	3
KUVIO 3. Mahdollisia työpaikkoja tuulivoimahankkeessa .....	18
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Tuulivoiman vaikutukset työllisyyteen .....	19
<b>TAULUKOT</b>	
TAULUKKO 1. Suomalaisten tuulivoimaloiden viat vuonna 2010.....	15
TAULUKKO 2. Rakentamisen ja käyttövaiheen henkilötyövuodet .....	19

## 1 JOHDANTO

Tuulivoiman rakentaminen Suomessa on kasvanut vuosi vuodelta ja tuulivoimapuistoja rakennetaan runsaasti. Suomi on sitoutunut olemaan hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä ja tuulivoima sekä muut uusiutuvat energialähteet ovat siinä isossa osassa. Hyvien tuuliolosuhteiden takia Suomi on otollinen maa tuulivoiman rakentamiseen, ja sen ovat huomanneet myös ulkomaiset sijoittajat.

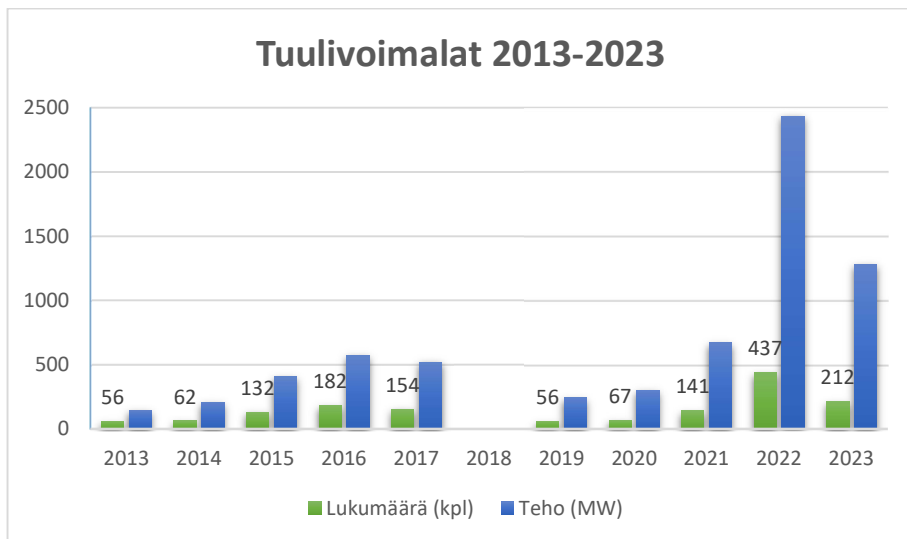
Kasvava työvoimantarve herättää kysymyksen tuulivoima-alan opintopoluista. Tutkintojen sisältöä on päivitettävä vastaamaan nykytilannetta. Varsinkin tuulivoimapuiston ylläpitovaiheessa tarvitaan työvoimaa ja ottaen huomioon voimalan elinkaaren ja määrän tarve on suuri. Tuulivoima-alan opintoja joudutaan kokoamaan monista eri palasista, eli varsinaista omaa koulutusta siihen ei ole. Tämän takia olisikin tärkeää, että esimerkiksi oppilaitoksille olisi mahdollisuus saada sertifikaatti kansainvälisen tuulivoimayhdistyksen koulutuksiin. Näin opintopolusta tulisi opiskelijoille yksinkertaisempi ja mielekkäämpi.

Opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti tuulivoiman nykytilanteesta Suomessa, tuulivoimapuistohankkeen vaiheista sekä ylläpidon ja huollon tarpeesta. Tuulivoimahankkeen jokainen vaihe on työllistävä, mutta ylläpito ja huoltotyöt tarjoavat töitä vuosikymmeniksi eteenpäin. Erityisesti tässä työssä tutkitaan, miten kansainvälisen tuulivoimayhdistyksen koulutusten sertifikaatti on mahdollista saada esimerkiksi oppilaitoksille. Tämä helpottaisi valtavasti opintopolun yksinkertaistamista. Sitä ennen perehdytään tuulivoima-alan työllisyys- ja koulutustilanteeseen sekä tarvittaviin koulutuksiin tuulivoimapuistotyömaalle. Tarkemmin käydään läpi kansainvälisen tuulivoimayhdistyksen Basic safety training (BTS)- ja Basic technical training (BTT)-koulutukset sekä niiden sisällöt.



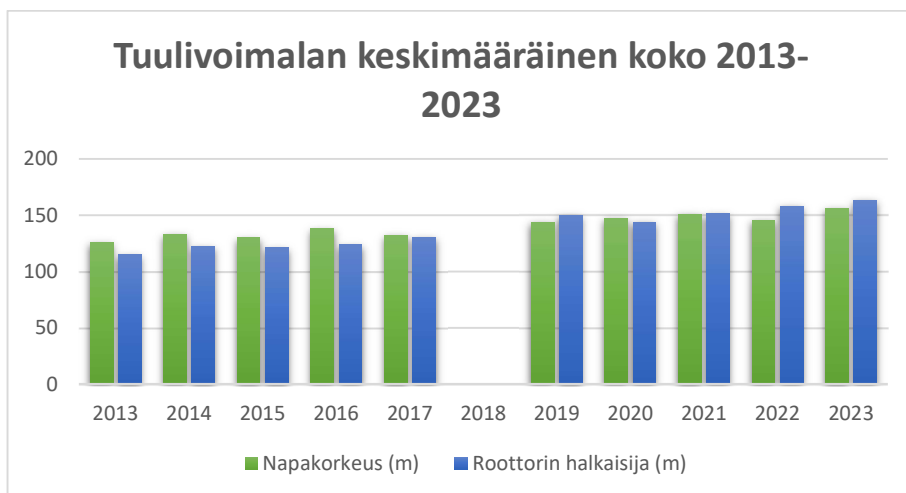
## 2 TUULIVOIMA SUOMESSA

Vuoden 2023 lopussa Suomessa oli toiminnassa 1 601 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on lähes 7 000 megawattia. Useamman puiston rakentaminen on kesken tai vasta alkamassa, joten seuraavan kahden vuoden aikana odotetaan olevan jo lähes 2 000 toiminnassa olevaa tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on lähes 9 500 megawattia. Nämä luvut perustuvat vuoden 2023 loppuun mennessä tehtyihin investointipäätöksiin. Tuulivoimaloita rakennetaan enimmäkseen rannikkoalueelle ja Lapin tuntureille, joissa on suotuisimmat olosuhteet. Eniten tuulivoimapuistoja on rakennettu Pohjois-Pohjanmaalle, yli 600 tuulivoimalaa. Seuraavaksi eniten tuulivoimaloita on Pohjanmaalla (254 kpl), Etelä-Pohjanmaalla ja Lapissa (molemmissa 188 kpl). Näihin neljään maakuntaan työllisyysvaikutukset kohdistuvat luonnollisesti eniten. Tuotantokapasiteettia on kuntatasolla eniten Pyhäjoella, Kalajoella ja Närpiössä, joissa kaikissa nimellisteho on lähes 550 megawattia. Kuviossa 1 näkyy tuulivoimaloiden määrän ja tehon kehitys kymmenen viime vuoden ajalta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry g.)



KUVIO 1. Tuulivoimaloiden lukumäärä ja teho Suomessa (mukaiillen Suomen Tuulivoimayhdistys ry)

Tuulivoimaloiden koko ja tekniikka on kehittynyt valtavasti vuosien varrella. Keskimääräinen napakorkeus on noussut kymmenessä vuodessa reilusta 120 metristä lähes 160 metriin ja roottorien halkaisija vajaasta 120 metristä yli 160 metriin. Tämä näkyy luonnollisesti myös voimalan tehossa, joka on noussut kolmesta megawattista kuuteen megawattiin. Kuviossa 2 näkyy tuulivoimalan koon kehitys viimeisen kymmenen vuoden ajalta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry g.)



KUVIO 2. Tuulivoimaloiden keskimääräinen koko Suomessa (mukaan Suomen Tuulivoimayhdistys ry)

Suomeen rakennetut tuulivoimapuistot ovat pääosin ulkomaalaisten yhtiöiden ja rahoittajien omistuksessa. Tilastokeskuksen mukaan omistaja lasketaan ulkomaiseksi, jos sen omistuksesta tai äänivallasta yli 50 prosenttia on suoraan tai välillisesti yhden ulkomaisen tason hallussa (Tilastokeskus). Ulkomalaisessa omistuksessa on 58 % ja kotimaisessa omistuksessa 42 %. Suurin toimija on tällä hetkellä tanskalainen Vestas, jonka osuus rakentamisesta on 58 %. Toinen suuri toimija Suomessa on saksalaisspanjalainen Nordex Acciona, jonka osuus on 28 %. Muita valmistajia ovat muun muassa Siemens, GE ja Enercon. Suomea pidetään houkuttelevana maana tuulivoiman sijoittamiseen hyvien olosuhteiden vuoksi. Maamme on harvaan asuttua, maasto tasaista ja ilmasto tuulista. Myös poliittinen ilmapiiri on ainakin toistaiseksi ollut positiivinen. (Suomen tuulivoimayhdistys ry g.)

## 2.1 Tuulivoiman vaikutukset

Alana tuulivoima on haastava ja sen ymmärtämiseksi pitää ymmärtää monta asiaa. Tuulivoiman tärkein ja ainoa tehtävä on tuottaa puhdasta energiaa. Tuulivoimalla tuotettu sähkö ei synnytä suoria päästöjä eikä saastuta ilmaa, vettä tai maaperää. Se syrjäyttää kustannuksiltaan kalliimpia tuotantomuotoja. Tuulivoimayhdistyksen mukaan voimala tuottaa 5–8 kuukaudessa yhtä paljon energiaa kuin sen raaka-aineet, valmistaminen, kuljetukset, rakentaminen, käyttö ja purku vie. Väite on uskottava Suomessa sijaitsevien tuulivoimapuistojen osalta. On hyvä muistaa, että tuulivoimalan teho on verran-

nollinen tuulennopeuden 3. potenssiin. Näin hyvissä tuulioloissa on hyvin perusteltua odottaa tuulivoimalan tuottavan siihen investoidun energian takaisin alle vuodessa. Tuulivoimasta on tullut yksi merkittävimmistä sähköntuotantomuodoista kotimaassa. Vuonna 2023 tuulisähkön tuotanto oli 14,4 TWh ja se kattoi 18,5 % sähköntuotannosta sekä 18,1 % kulutuksesta. (Cleveland, C, Endres, P & Kubiszewski, I. 2010; Suomen tuulivoimayhdistys ry c.)

Mikään energiamuoto ei ole ongelmatonta. Tuulivoiman alueelliset vaikutukset liittyvät maisemanmuutokseen, ääniin, välkkeeseen ja valoihin sekä eläimiin riippuen tuulivoimapuiston koosta. Näihin ongelmiin voidaan vaikuttaa perusteellisella esiselvityksellä ja lopullisella sijoittamisella, mutta negatiivisilta vaikutuksilta ei voida välttyä. Myös tuulivoimaloiden kuljettaminen ja itse rakentaminen aiheuttavat paljon päästöjä. (Vattenfall.)

Globaalisti tuulivoima-ala tarjoaa miljoonia työpaikkoja. Tuulivoimaprojekti työllistää alueellisesti sekä yleisesti koko sen elinkaaren ajan esiselvityksistä purkuun. Se tuo myös paljon elinvoimaa ja tuloja kunnille. Suomessa tuulivoima työllistää pääosin suunnitteluvaiheessa, rakentamisessa sekä käytössä ja ylläpidossa. Suurin osa komponenteista valmistetaan ulkomailla, mutta moni johtava valmistaja käyttää Suomessa olevia yrityksiä alihankkijoina. Suomessa on monia yrityksiä, jotka ovat erikoistuneet tuulivoimaloiden huoltoon. Työllisyysvaikutus on suurimmillaan silloin, kun voimalat ovat pystyssä ja toiminnassa. (Motiva Oy.)

## **2.2 Tuulivoiman investointitahti**

Suomi on otollinen maa tuulivoimalle ja sen ovat huomanneet myös ulkomaiset sijoittajat. Suomessa on hyvät olosuhteet tuulisuuden kannalta, normaalisti kohtalainen sähkönhinta ja ympäristö hyväksyvä. Tällä hetkellä tuulivoima on yksi eniten Suomeen investointirahaa tuova teollisuudenala. Esimerkiksi vuonna 2022 valmistuneet tuulivoimalat toivat Suomeen yhteensä yli 2,9 miljardin euron investoinnit. (Vihanta 2023). Jo olemassa olevien investointipäätösten mukaan Suomeen rakennetaan esimerkiksi seuraavana kahtena vuonna 3 300 megawatin edestä voimaloita eli rakentamisen saralla töitä riittää ainakin siihen asti. Nähtäväksi jää, onko suurin kysyntä tuulivoimahankkeissa jo tyydytetty. Ukrainan sota on vaikuttanut rakentamiseen ja kaikkialla ovat hinnat nousseet. Tuulivoima-alalla suurimmat investoinnit syntyvät juuri rakennusvaiheessa. Kustannustasojen ja korkojen nousu sekä toimitusvaikeudet ja laatuongelmat vaikuttavat väistämättä myös tuulivoiman investointiin. Alalla puhutaan

suurista rahamääristä ja pienikin viivästys aikatauluihin luo ongelmia. (Vihanta 2023; Hirvasnoro 2023.)

Tuulivoima on ollut jo vuosia markkinaehtoista eli valtion tukea ei käytetä. Ilman tukia Suomeen on suunnitteilla lähes 8000 tuulivoimalaa, mutta niitä hidastavat esimerkiksi lupa-, vaikutustenarviointi- ja kaavoitusmenettelyhaasteet. Tuulivoima on kaupallista toimintaa ja sen tulee olla kannattavaa. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomen sähkönkulutuksen tulisi kasvaa. Tällä hetkellä sähkönkulutus ei kasva ja profiilikustannukset nousevat. Profiilikustannuksella tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotannon ajoituksen vaikutusta sähköstä saatavaan markkinahintaa. Profiilikustannus on keskimäärin sitä suurempaa, mitä suurempi on tuulivoiman markkinaosuus kaikesta sähköstä. Sähkönkulutuksessa saattaa olla kasvupainetta jo lähivuosina varsinkin vuosikymmenien aikana. Nämä seikat voivat myös vaikuttaa suunnitteilla olevien hankkeiden toteutumiseen. (Nuolioja 2023.)

### 3 TUULIVOIMALAITOSHANKKEEN VAIHEET

Tuulivoimalaitoshanke on pitkä prosessi. Normaalisti hankkeen aloituksen ja lopetuksen välissä on useita vuosia riippuen tuulivoimapuiston koosta. Prosessiin kuuluu paljon asioita, joita maallikko ei tule ajatelleeksi. Aloite tuulivoimapuistosta voi tulla monelta eri taholta kuten energiayhtiöiltä, maanomistajilta tai tuulivoimaan erikoistuneilta yhtiöiltä. Aikataulu voi riippua monesta eri asiasta kuten erilaisten selvitysten etenemistahdista. Monet asiat voidaan toteuttaa osittain päällekkäin, mikä osaltaan voi monimutkaistaa prosessia. Jokainen vaihe tulee suunnitella huolellisesti, jotta hanke saadaan sujuvasti toteutettua. Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi tuulivoimalaitoshankkeen vaiheita. (Suomen tuulivoimayhdistys ry h.)

#### 3.1 Esiselvitys ja sopivan alueen etsintä

Esiselvitys on koko hankkeen perusta. Esiselvitys on tehtävä huolellisesti projektin onnistumiseksi. Selvityksen tarkoituksena on löytää sopiva alue tulevalle tuulivoimapuistolle. Alue-ehdotuksia voi olla useita, mutta esiselvitys tehdään potentiaalisimmille kohteille. Kohteen valinnassa otetaan huomioon alueen tuuliolot, ympäristö, infrastruktuuri ja maankäyttö. Tuuliolot varsinaisesti mitataan myöhemmässä vaiheessa, mutta esiselvityksessä otetaan huomioon tietokoneella tehty arvio. Esiselvityksessä arvioidaan myös teknisten, taloudellisten ja maankäytöllisten toteutumisen edellytykset. (Suomen tuulivoimayhdistys ry a.)

Potentiaalisen sijoituskohteen etsimisessä voidaan käyttää apuna alueellista tuulikartoitusta. Tästä esimerkkinä on Suomen tuuliatlas, joka kuvaa keskimääräisiä tuuliolosuhteita pitkältä aikaväliltä. Se on hyvä suunnittelun työväline, jonka avulla voidaan arvioida hyviä sijoituspaikkoja tuulivoimalle. (Ilmatieteen laitos.)

Tuulisuus ei ole ainoa asia, joka vaikuttaa alueen valintaan. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi asutus, mahdollisuus liittyä sähköverkkoon, luonto ja eläimistö, alueen kaavoitustilanne ja kunnan sekä maanomistajien suhtautuminen. Tarkemmassa sijoitussuunnitelmassa otetaan huomioon muun muassa suojelualueet ja muinaisjäännökset, petolinnut ja muut suojellut lajit, meluhaitat, etäisyys maanteihin

sekä voimaloiden toisistaan tarvitsema etäisyys. Parhaimmat alueet tuulivoimapuistoille ovat rannikolla ja niiden läheisyydessä sekä Lapin tuntureilla, mutta tekniikan parantuessa myös tuulinen sisämaa on mahdollinen sijoituskohde. (Suomen tuulivoimayhdistys ry a.)

### **3.2 Neuvottelut kunnan ja maanomistajien kanssa.**

Suomessa lainsäädännön mukaan saadaan rakentaa vain alueille, joihin rakennuttajalla on hallintaoikeus. Valtion maiden vuokraamisesta tulee neuvotella metsähallituksen kanssa. Yleensä rakennuttaja vuokraa maa-alueen ostamisen sijaan, mutta ostaminenkin on mahdollista. Alue varataan hankkeen alkuvaiheessa ja siitä mahdollisesti tehdään kevyempi maankäyttösopimus, joka mittausten ja soveltuvuuden toteamisen jälkeen muutetaan varsinaiseksi vuokrasopimukseksi. Maanvuokraussopimuksessa sovitaan vuokraustavasta, joka voi olla esimerkiksi kertaluontoinen korvaus, vuosittainen vuokramaksu tai sidottuna energiantuottoon. Sopimuksessa tulee ottaa huomioon omistussuhteiden vaihdokset kuten sukupolvenvaihdokset. (Suomen tuulivoimayhdistys ry d.)

### **3.3 Tuulimittaukset**

Varsinaiset tuulimittaukset paikan päällä tehdään alueen valinnan ja vuokrasopimusten kirjoittamisen jälkeen. Ne ovat välttämättömiä mittauksia ja edellytys koko tuulivoimahankkeen toteutumiselle. Tuulimittausten tarkoitus on selvittää tuulivoimalan kannattavuus sekä valita sopiva sijoituspaikka. Tuulimittausten pohjalta voidaan arvioida vuosittainen tuotantomäärä ja arvioida hankkeen teknistaloudellinen toimintaedellytys. Tuulimittaukset antavat tietoa tuulen nopeudesta, ajallisesta jakautumisesta, tuuligradientista sekä turbulentiudesta. Tuuligradientilla tarkoitetaan lapojen pyörähdysalueen ylimmän ja alimman osien erotusta. Tuulimittaukset ovat haastavia korkeuden ja keston vuoksi. Suunnitellulla alueella on mitattava tuulta vähintään vuosi ennen hankkeen investointipäätöksen tekoa, ja lisäksi korkeimman pisteen tulee olla alueelle suunnitellun tuulivoimalan napakorkeudella. Mittauksia kannattaa kuitenkin jatkaa pidempään, jotta tuloksista saadaan varmemmat. Tuulimittausten ollessa valmiita aineisto korreloidaan vastaamaan pitkän aikavälin mittauksia, koska on todennäköisempää, että vuosittaiset tuulivaihtelut ovat ominaisia isommalle alueelle. Yleensä tuulimittaukset tehdään kolmelta korkeudelta tuulensuunta-antureilla ja kuppianemometreilla, mutta myös maasta käsin voidaan mitata Lidar- ja Sodar-menetelmillä, joista kerrotaan lyhyesti seuraavaksi. (Korpela, A 2016, 43–45.)

### 3.3.1 LIDAR- ja SODAR-mittaus

Lidar-mittauksessa (light detection and ranging) hyödynnetään sähkömagneettista säteilyä, jonka avulla selvitetään tietyllä etäisyydellä olevan kohteen ominaisuuksia. Menetelmä perustuu Doppler-ilmiöön eli ilmamolekyylien vauhti selviää maan pinnalta lähetetyn säteilyn sekä ilmamolekyyleistä heijastavan säteilyn taajuuserosta. Lidar-laitteistolla voidaan mitata tuulen nopeutta ja suuntaa jopa 200 metriin asti sekä arvioida tuuligradienttia. (Korpela, A 2016, 44–45.)

Sodar-mittaus (sonic detection and ranging) poikkeaa Lidar-mittauksisesta siinä, että sähkömagneettisen säteilyn sijasta siinä käytetään paineaaltoja. Tämäkin perustuu Doppler-ilmiöön eli paineaaltojen taajuuseroon. Myös Sodar-laitteistolla voidaan mitata tuulen nopeutta ja suuntaa jopa 200 metriin asti sekä arvioida tuuligradienttia. (Korpela, A 2016, 44–45.)

### 3.4 YVA-selvitys ja kaavoitus

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) avulla pyritään vähentämään tai estämään haitallisia ympäristövaikutuksia, joita hanke voi aiheuttaa. YVA-selvitys sisältää arvioinnit ainakin visuaalisista eli maisemallisista vaikutuksista, melutasoista, vaikutuksista eläimistöön, viestintäyhteyksiin, maankäyttöön, turvallisuuteen sekä rakentamisen aikaiset vaikutukset. Selvitys on julkinen ja nähtävissä 30 vuorokautta, joten se antaa paljon tietoa ja osallistumismahdollisuuden myös tavallisille kansalaisille. YVA-selvitys on automaattisesti pakollinen, jos voimaloiden lukumäärä on kymmenen kappaletta tai enemmän tai kokonaisteho 45 megawattia. Pienempien puistojen YVA-tarpeen päättää ELY-keskus. YVA-menettely voidaan toteuttaa myös kaavoituksen yhteydessä, jolloin kaava voidaan laajentaa täyttämään YVA-lain vaatimukset. (Ympäristöhallinnon verkkopalvelu.)

Tuulivoimalan rakentamiseen sovelletaan pääasiassa samoja säännöksiä kuin muuhun rakentamiseen. Soveltuvat alueet tuulivoimalle määritellään kaavassa. Tavoitteena on sijoittaa tuulivoimalat niin, että ne sopisivat mahdollisimman hyvin ympäristöön ja aiheuttaisivat mahdollisimman vähän vahinkoa luonnolle, ihmisille ja eläimistöille. Keskeisimmät kaavat ovat maakuntakaava, yleiskaava ja asema-kaava. Näiden lisäksi vaihtoehtona on suunnittelutarveratkaisu. (Suomen tuulivoimayhdistys ry j.)

### **3.4.1 Maakuntakaava**

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma maakunnassa tai sen osa-alueilla sijaitsevien alueiden käytöstä. Periaatteessa se toimii tuulivoimarakentamisen kokonaisuuden ohjaajana. Kaavan tehtävänä on ratkaista kysymykset valtakunnallisesta, maakunnallisesta ja seudullisesta alueiden käytöstä. Maakuntakaavaa laadittaessa tulee maankäyttö- ja rakennuslain 28 §:n mukaan ottaa huomioon valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ja kiinnitettävä huomiota maakunnan oloista johtuviin erityistarpeisiin. Maakuntakaavan laatii maakunnan liitto. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

### **3.4.2 Yleiskaava**

Yleiskaava on kunnan tai sen osan yleispiirteinen maankäytön suunnitelma. Kaavan tarkoituksena on yhteensovittaa yhdyskuntarakenteen eri toiminnot, kuten palvelut, asutus, työpaikat ja virkistysalueet. Kaavan päätehtävä on osoittaa kunnan alueidenkäyttötavoitteet ja ohjata asemakaavoitusta. Kunnan tulee laatia yleiskaava ja pitää se ajan tasalla. Yleiskaavan hyväksyy kunnanvaltuusto. Kunnan alueella olevat tuulivoima-alueet voidaan tutkia ja osoittaa yleiskaavoituksessa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

1.4.2011 tuli voimaan yleiskaavan käyttöä koskeva maankäyttö- ja rakennuslain muutos tuulivoimarakentamisessa. Sen mukaan tuulivoimarakentamista suoraan ohjaavalla yleiskaavalla voidaan tietyillä edellytyksillä suunnitella tuulivoimarakentamista niin, että rakennusluvut voidaan myöntää suoraa sen nojalla tuulivoimaloille. Tämä kaava voi olla koko kunnan aluetta koskeva yleiskaava, osayleiskaava tai kuntien yhteinen yleiskaava. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

### **3.4.3 Asemakaava**

Asemakaava laaditaan alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten. Kaava on tarpeellinen silloin, kun tuulivoimarakentamisen ja muun maan käytön yhteensovittamistarve sitä edellyttää. Tuulivoimarakentamista koskevassa asemakaavassa on kiinnitettävä erityisesti huomiota kysymyksiin melusta, turvallisuudesta, maisemasta ja kaupunkikuvasta sekä virkistyskäytöstä. Asemakaavassa on osoitettava rakennusala tuulivoimaloille sekä annettava tuulivoimaloiden ulottuvuutta koskevia määräyksiä. Siinä tulee esittää myös tuulivoimaloiden vaatimat teknisen huollon ja sähkönsiirron järjestelyt. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)



### **3.4.4 Suunnittelutarvealue- ja ratkaisu**

Suunnittelutarvealueella tarkoitetaan maankäyttö- ja rakennuslain 16 §:n mukaisesti aluetta, jonka käyttöön liittyvien tarpeiden tyydyttämiseksi tulee ryhtyä erityisiin toimenpiteisiin, esimerkiksi teiden, vesijohdon tai viemärin rakentamiseen. Suunnittelutarvealuetta koskevien säännösten tarkoituksena on estää suunnittelematon maankäyttö, josta aiheutuu taloudellisesti, yhdyskuntarakenteellisesti tai ympäristöllisesti haitallista kehitystä. Jos tuulivoimapuisto sijoittuu tällaiselle alueelle, edellyttää hankkeen toteutuminen sen laadusta ja sijaintipaikasta riippuen joko kaavallista suunnittelua tai suunnittelutarveratkaisua. Suunnittelutarvealueella rakentaminen ei saa aiheuttaa merkittäviä haitallisia vaikutuksia ympäristöön tai johtaa vaikutuksiltaan merkittävään rakentamiseen. Suunnittelutarveratkaisua haetaan kunnalta. Siihen koskevaan päätökseen voidaan lisätä tarpeellisia määräyksiä ja ehtoja kuten voimaloiden suurin kokonaiskorkeus ja lukumäärä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

### **3.5 Sähkösovimukset ja neuvottelut verkonhaltijan kanssa**

Esiselvitysvaiheeseen kuuluvat myös alustavat neuvottelut verkonhaltijan ja sähkönostajan kanssa. Sähköverkkoon liittyminen ja siirto hoidetaan alueen vastaavan verkonhaltijan kanssa. Verkonhaltija veloittaa siirtotariffin, joka muodostuu energianmaksusta ja kiinteästä maksusta. Siirtotariffit ja liittymismaksut on hyvä selvittää heti, jotta ne voidaan lisätä kannattavuuslaskelmiin. Yli 250 megawatin tuulivoimapuistot liitetään aina 400 kV:n kantaverkkoon. Alle 100 megawatin puistot voidaan liittää 110 kV:n verkkoon, jos se on todettu riittäväksi. Suomessa kantaverkosta vastaa Fingrid Oyj, jonka kanssa tarkistetaan suunnitelmat ja hoidetaan käyttöönotot. (Suomen tuulivoimayhdistys ry e.)

### **3.6 Luvitukset**

Maankäyttö- ja rakennuslain 125 ja 126 §:n mukaan tuulivoimalan rakentaminen vaatii aina joko rakennus- tai toimenpideluvan. Teolliset tuulivoimalat rinnastetaan pääosin rakennuslupaa edellyttäviin rakennuksiin, mutta pienet kotitarvekäyttöön tarkoitetut voimalat voidaan toteuttaa toimenpideluvalla. Mahdollisesti muita tarvittavia lupia ovat ympäristölupa, vesilupa ja lentoestelupa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

### **3.6.1 Rakennuslupa**

Rakennuslupa haetaan kunnan rakennusvalvonnaltaviranomaiselta. Hakemukseen tulee liittää todistus maan hallintaoikeudesta, rakennuksen pääpiirustukset sekä selvitys hankkeen vaikutuksista maisemaan ja naapurustoon. Hakemuksen tulee sisältää myös selvitys hakijan muista lähelle suunnitelluista tuulivoimaloista. Jos tuulivoimahankkeeseen on sovellettu YVA-menettelyä, tulee se liittää hakemukseen. Rakennuslupahakemuksen yhteydessä naapurustolla on mahdollisuus antaa lausunto. Jos tuulivoimala-alue sijoittuu merkittävälle luonnonsuojelualueelle tai maakuntakaavassa merkitylle virkistys- tai suojelualueelle, tulee ELY-keskukselta pyytää lausunto. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

### **3.6.2 Ympäristölupa**

Ympäristölupa tarvitaan vain siinä tapauksessa, että tuulivoimalasta aiheutuu kohtuutonta rasisusta melu- tai välkevaikutusten takia. Tämä on mainittu naapuruussuhdelaisissa. Lähtökohtaisesti tuulivoimahankkeet eivät tarvitse ympäristölupaa, koska kaikki haitat pyritään ottamaan huomioon sijaintia päätettäessä. Toisin sanoen tuulivoimapuistot pyritään sijoittamaan niin kauaksi asutuksesta, että ympäristölupa on tarpeeton. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.)

### **3.6.3 Vesilupa**

Tuulivoimahanke tarvitsee vesilain (587/2011) mukaisen luvan eli vesiluvan, jos hanke muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtamaa, rantaa tai vesiympäristöä, pohjaveden laatua tai määrää ja jos muutos aiheuttaa vesilain 3 luvun 2 §:n mukaisia seurauksia, kuten luonnon vahingollista muuttumista, vesistön tilan huonontumista, vaaraa terveydelle tai vahinkoa tai haittaa kalastukselle, kalakannoille tai vesiliikenteelle. Vesilupa on tarpeen myös silloin, jos rakentamisesta aiheuttama muutos muuttaa ympäristön viihtyisyyttä, vähentää luonnon kauneutta tai kulttuuriarvoja. Vesiluvan myöntää aluehallintovirasto. (Vesilaki 27.5.2011/587.)

### **3.6.4 Rajavartiolaitos ja puolustusvoimat**

Rajavartioston lausunto tarvitaan kaikille merialueille suunniteltuihin tuulivoimahankkeisiin. Puolustusvoimilta tulee saada myönteinen lausunto viimeistään kaavoitusvaiheessa kaikkiin yli 50 metriä korkeisiin tuulivoimaloihin. Tuulivoimarakentamisessa tulee ottaa huomioon puolustusvoimien

lakisääteisen tehtävien toteuttaminen normaali- ja poikkeusoloissa. Maanpuolustuksen tarpeet tulee ottaa huomioon ja turvata riittävät alueelliset edellytykset varuskunnille, ampuma- ja harjoitusalueille, varikkotoiminnalle ja sotilasilmailulle. (Rajavartiolaki 15.7.2005/578; Laki puolustusvoimista 11.5.2007/551.)

### **3.6.5 Lentoestelupa**

Lentoestelupa haetaan Traficomilta kaikkiin yli 60 metriä korkeisiin rakennelmiin kaikkialla Suomessa. Luvan tarve määritellään tarkemmin ilmailulain 158 §:ssä. Lain mukaan rakennelma ei saa häiritä lentoliikennettä tai laitteita, jotka palvelevat ilmailua. (Ilmailulaki 7.11.2014/864.)

### **3.6.6 Purkamislupa**

Kaavoitetulla tuulivoima-alueilla pakollinen maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) tulee huomioida purkamisen tullessa ajankohtaiseksi. Purkamisluvan edellytyksiä koskevan MRL 139 §:n mukaan purkamislupahakemuksessa tulee selvittää purkutyön järjestäminen sekä ottaa huomioon edellytykset hoitaa rakennusjätteen käsittely ja kierrätys. Rakennuspaikka on jätettävä keskeneräistä rakennustyötä tai hylättyä rakennusta koskevan MRL 170 §:n mukaan sellaiseen kuntoon, ettei se rumenna ympäristöä tai aiheuta vaaraa. Tuulivoimaloiden purusta vastaa omistaja. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

## **3.7 Toteutus ja rakentaminen**

Tuulivoimala-alueen suunnittelu aloitetaan jo esiselvitysvaiheessa. Eri lupamenettelyiden, mittausten ja huolellisen suunnittelun jälkeen voidaan aloittaa varsinainen rakennustyö. Tässä vaiheessa turbiinien osat on jo hankittu. Tuulivoimalan rakentaminen alkaa perustuksien valamisella, mutta sitä ennen tehdään kuitenkin mahdollinen puuston poisto ja maanrakennustyöt. Tämän jälkeen aloitetaan huoltotietojen ja voimala-alueiden rakentaminen. Tässä yhteydessä rakennetaan sähköasema, maakaapeliverkko ja voimajohtolinjat. Huoltotietojen ovat yleensä päällystämättömiä sorateita, mutta huomiota tulee kiinnittää siihen, että ne ovat tarpeeksi kantavia ja leveitä. Teillä kulkee paljon raskaita ajoneuvoja, kuten komponentti- ja nosturikuljetuksia. Turbiinien osien kuljetukset ovat valtavia, organisoituja tapahtumia ja jokainen mutka sekä käännöspaikka tulee olla tarkasti harkittu. Rakennuspaikoille tehdään

suunnitteluvaiheessa päätetyt paikat nostureille tarkoitetuille nostokentille ja tornien osille. Asiakas vastaa siitä, että tiestö ja voimaloiden ympäristö on koko projektin ajan toimivassa kunnossa.

Tuulivoimapuiston ollessa kyseessä tehdään yleensä kaikki perustukset valmiiksi ennen kuin komponentteja aletaan kuljettamaan paikalle. Tuulivoimalakomponentit kuljetetaan lähimmästä satamasta yleensä maanteitse tornin osa kerrallaan. Pystytys toteutetaan kahdessa osassa työnjohdon tekemän suunnitelman mukaan. Ensin tehdään esiasennus pienemmällä nosturilla, minkä jälkeen pääasennus suuremmalla nosturilla. Esiasennukseen kuuluu yleensä kolme tornin osaa ja pääasennukseen loput osat mukaan lukien huipun osat naselli eli konehuone, napa ja siivet. Yhden tuulivoimalan pystytys kestää useita päiviä riippuen säästä. Kun tuulivoimala on pystytetty, tehdään vielä sähkö- ja automaatiotyöt, viimeistellään kaikki huolellisesti, liitetään voimala verkkoon ja suoritetaan 200 tunnin testiajo. Ennen käyttöönottoa nämä kaikki pitää olla kunnossa ja testiajon mentävä ongelmitta läpi. (Suomen tuulivoimayhdistys ry h.)

## 4 TUULIVOIMALAN YLLÄPITO JA HUOLTO

Kun tuulivoimapuisto saavuttaa tuotantovaiheen, tarvitaan valvontaa, kunnossapitoa ja huoltoa varmistamaan järjestelmien toimivuudet. Normaalisti tuulivoimaloita valvoo ja käyttää keskitetysti etäyhteydellä joko voimalavalmistaja tai palveluntarjoaja. Kokoaikaisessa valvonnassa ovat myös sähköasemat ja alueen sähköverkot. Jokaisella tuulivoimavalmistajalla on Suomessa oma huoltoverkostonsa, jonka myötä huoltopisteitä on syntynyt runsaasti riippuen tuulivoimapuistojen sijainnista. Huolto- ja korjauskustannukset riippuvat tuulivoimapuiston koosta, tuulivoimaloiden määrästä ja yksikkökoosta, huoltosopimuksista sekä huoltoetäisyyksistä- ja yhteyksistä. Tämän vuoksi maatuulivoimaloiden huoltokustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin merituulivoimaloiden. (Suomen tuulivoimayhdistys ry f.)

### 4.1 Käyttö- ja huoltosopimus

Huoltosopimus voidaan tehdä omistajasta riippuen tuulivoimapuiston rakennuttajan kanssa, alihankintana tai oman organisaation kanssa. Riippuen sopimuksesta valmistajan kanssa takuu-aika kattaa huollot heidän kauttansa. Yleisin huoltosopimusaika on 5–12 vuotta, ja sopimus tehdään samalla kun voimalat hankitaan. Ensimmäisen huoltosopimusaikajakson jälkeen asiakas tekee oman huoltosopimuksen haluamansa yrityksen kanssa. Huoltoteiden kunnossapito on tärkeää koko tuulivoimapuiston elinkaaren ajan, jotta huoltohenkilöstöllä ei ole ongelmia päästä paikalle. Mitä vanhempi voimala on, sitä enemmän se oletettavasti tarvitsee huoltoa. (Suomen tuulivoimayhdistys ry b.)

### 4.2 Voimaloiden huoltotarve

Tuulivoimaloiden huoltajan toimenkuvaan kuuluu huollon lisäksi kunnossapito, komponenttien monipuoliset tarkastukset, korjaukset ja mahdolliset vaihtotehtävät, sähkö- ja mekaniikkatyöt sekä vianetsintä. Näiden lisäksi työhön kuuluu asiakaspalvelua ja varastotyötä. Tuulivoimalat tarvitsevat jatkuvaa huoltoa, joten huoltohenkilökuntaa pitää olla saatavilla tarvittavilla alueilla. Työtehtävät pitää aina hoitaa pareittain, sillä yksin ei ole sallittua mennä voimalan huipulle. Huollon pitää olla toimivaa ja ammattitaitoista, jotta projekti on toimiva. Tämän takia huoltostrategia tehdään hyvissä ajoin. Optimaalinen mitoitus on se, että kolme teknikkoa huoltaa reilua kahtakymmentä voimalaa. Tähän tilanteeseen

päästään kuitenkin harvoin, koska välimatkat ovat pitkiä ja suurin osa puistoista ovat vielä suhteellisen pieniä. Huollon suunnittelussa pitää ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Henkilöstön sijainti ja huollon vasteaika.
- Varaosajärjestelyt eli missä sijaitsee niin sanottu huoltopiste.
- Käyttäjä- ja turvallisuuskoulutus.
- Käyttö- ja huolto-ohjeet sekä niiden saaminen huollosta vastaavalta taholta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry f.)

TAULUKKO 1. Suomalaisten tuulivoimaloiden viat vuonna 2010 (mukailien VTT)

Komponentti	Vika-aika yhteensä (h)	% vika-ajasta	Vikojen määrä
Vaihdelaatikko	11 267	23,7	34
Lapakulman säätömeskanismi	11 115	23,4	65
Tehoelektronikka	6 219	13,1	48
Hydrauliikka	5 075	10,7	31
Ohjausjärjestelmä	3 486	7,3	27
Lapa	3 188	6,7	8
Kääntöjärjestelmä	1 366	2,9	13
Generaattorin laakerit	1 051	2,2	5
Tehomuuntaja	903	1,9	4
Liukurenkaat	704	1,5	8
Anturit	680	1,4	11
Muu	498	1	15
Mekaaninen jarru	453	1	7
Kaapelit	410	0,9	6
Generaattori	279	0,6	6
Kääntömoottori	251	0,5	6
Ilmajarrut	162	0,3	2
Jäähdytys	139	0,3	3
Pääakseli	90	0,2	1
Kytkimet	65	0,1	1
Napa	50	0,1	2
Torni	20	0,1	1
Lavan pultit	17	0,1	1
<b>Yhteensä</b>	<b>47 488</b>	<b>100</b>	<b>303</b>

Viimeisin julkisiin lähteisiin perustuva vikatilasto tuulivoimaloista on jo yli 10 vuotta vanha, mutta samoja vikoja todetaan edelleen. Taulukossa 2 on eritelty komponenttien viat, vika-ajat, vikamäärät sekä

prosenttiosuus kokonaisvika-ajasta vuonna 2010. Säännöllinen huolto on tärkeää, jotta vikoja ei syntyisi. Väistämättä osia menee kuitenkin rikki, minkä takia huollon vasteajan tulisi olla lyhyt pitkien käyttökatkojen vähentämiseksi. (Suomen tuulivoimayhdistys ry f; Korpela, A, 2016, 96–97.)

Huollot jaotellaan suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin katkoihin. Suunniteltu katko tarkoittaa yleensä 1–2 kertaa vuodessa tehtävää vuosihuoltoa riippuen sopimuksista. Suunnittelematon katko tarkoittaa odottamatonta vikaa tai häiriötä, joita voi ilmetä esimerkiksi kovien pakkasten takia. Suomen ilmasto voi olla etenkin talviaikaan julma ja se kuluttaa tuulivoimalaa. Kovat pakkaset ja jäätyminen aiheuttavat väistämättä vikoja, kuten voimansiirto-öljyn kangistumista ja tuulimittareiden sekä lapojen jäätymistä. Kyseiset viat voivat aiheuttaa jumiutumisen ja pysäyttää voimalan tai aiheuttaa muita häiriöitä. Viime aikoina on uutisoitu muutamia lapojen tuhoutumisia, jotka useimmiten johtuvat valmistusviasta. Niitä ei valitettavasti voida ennustaa, mutta lapojen huolto, esimerkiksi kärjen korjaus, erilaisten kulumien, halkeamien sekä salama- ja laminaattivaurioiden korjaukset kuuluvat huoltoteknikoiden tehtäviin. Voimalan sisällä yleisimmät viat ovat hydraulikka, jäähdytys- ja ohjausjärjestelmässä. Lisäksi ilmenee sähkö, elektroniikka ja mekaniikkavikoja. Näistä aiheutuvat viat, kuten lapakulmansäätömekanismin tai ohjausjärjestelmän rikkoutuminen eivät korjaudu pelkästään voimalan uudelleenkäynnistämällä vaan tarvitsee huoltohenkilöstön paikalla käyntiä. (Nordic Access; Suomen tuulivoimayhdistys ry f; Korpela, A, 2016, 96–97.)

## 5 TUULIVOIMA-ALAN TYÖ- JA KOULUTUSTILANNE

Tuulivoimaprojektilla on työllistävä koko sen elinkaaren ajan suunnittelusta purkuun, mutta investointien kova tahti aiheuttaa väistämättä työvoimapulaa. Varsinkin viime vuosien nopea kasvu ja investointitahti on todennäköisesti tullut yllätyksenä koulutuksen ja työvoiman kannalta, vaikka kasvua on ollut odotettavissa. Tästä on seurannut, että erityisesti huoltoteknikoiden tarve on suuri ja heitä tarvitaan kymmeniksi vuosiksi eteenpäin. Tämän takia koulutuspolkuihin pitäisi kiinnittää huomiota ja saada opiskelijat suuntautumaan enemmän tuulivoima-alalle.

### 5.1 Tuulivoima-alan työllistäminen Suomessa

Tuulivoiman on sanottu työllistävän Suomessa tuhansia. Varsinkin projektien alkuvaiheessa luvataan työpaikkoja, mutta paikallisia toimijoita ja yrityksiä ne työllistävät vain vähän ja väliaikaisesti. Yleensä paikalliset yritykset saavat hoitaakseen maanrakennustyöt sekä teiden ylläpito- ja kunnostustyöt. Voimaloiden pystyttäjät ovat yleensä ulkomaalaisia. Suuret valmistajat luottavat samoihin tarvittavan tietotaidon omaaviin alihankkijoihin ja työntekijöihin, joita he ovat käyttäneet vuodesta toiseen. Yleensä he myös siirtyvät projektista toiseen maan sisällä tai maiden välillä. Rakentajia tulee paljon varsinkin Puolasta, Portugalista ja Espanjasta. Toisaalta ulkomailta tulevilla työntekijöillä on epäsuoria työllistäviä vaikutuksia, koska he käyttävät esimerkiksi paikallisia majoitus- ja ravintolapalveluja samalla kun kunnan elinvoima kasvaa.

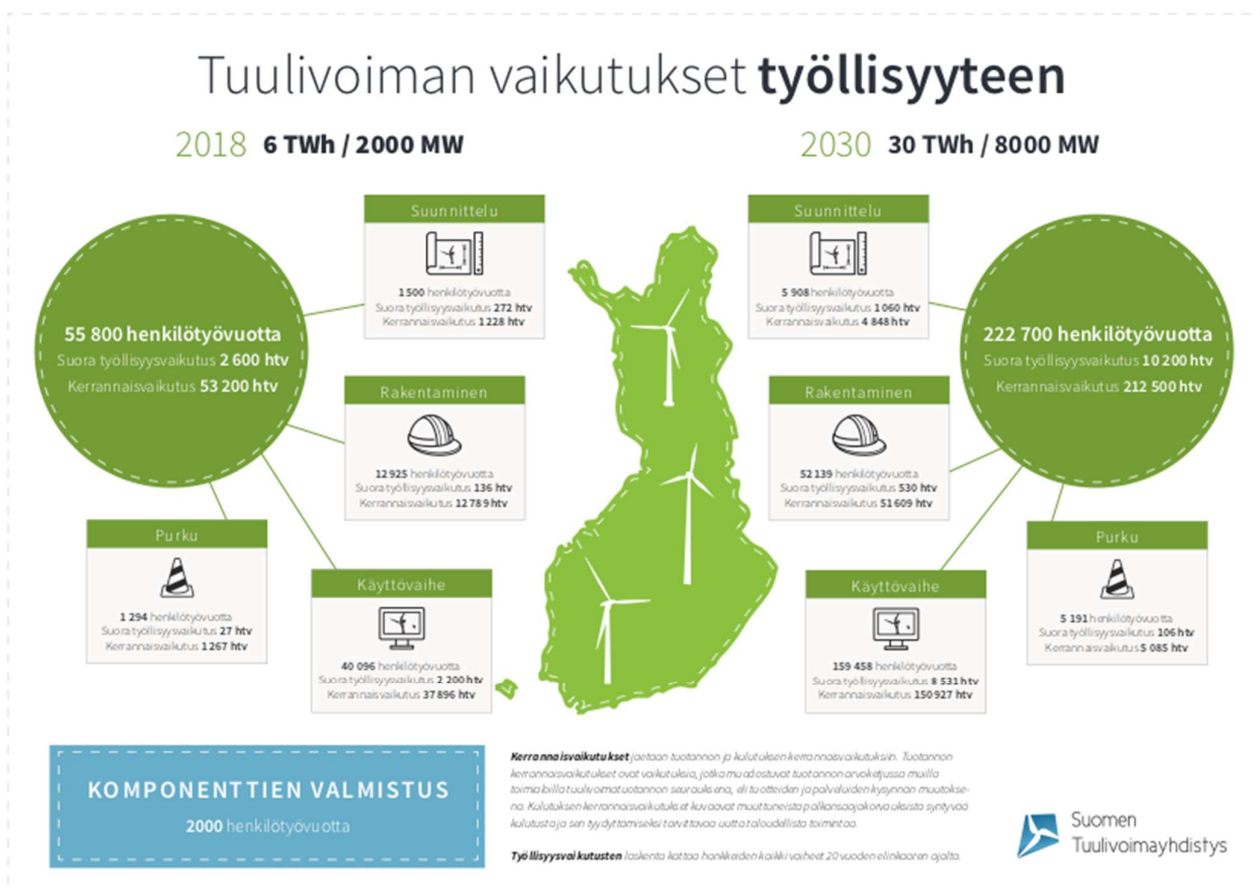
Vaikka itse tuulivoimaloiden pystytysvaihe ei vielä työllistä paljon suomalaisia, ala tarvitsee paljon osaajia. Alalla työskennellään laaja-alaisesti huolto- ja ylläpitotehtävien lisäksi komponenttien tarkastus- ja korjaustehtävissä, nostotehtävissä sekä sähkö- ja asennustehtävissä. Lisäksi työskennellään hankkeen esisuunnitteluvaiheessa, joten ala tarvitsee paljon osaajia jo ennen kuin rakennusvaihe alkaa. Esimerkiksi hankekehitys, luontokartoitus, kaavoitus, rahoitus sekä maanrakennus ja kuljetukset työllistävät. Vaikka tuulivoimateknologiaa on Suomessa kehitetty, ei kotimainen tuulivoimatekniikan valmistus pärjää jättiyhtiöiden tai kiinalaisen halpatuotannon kanssa. Tuulivoimaloiden purku ja kierrätys työllistävät myös, mutta tällä hetkellä se on vielä vähäistä tuulivoimakannan uutuuden vuoksi. Tuulivoimahankkeen elinkaaren vaiheista työpaikkoja on eniten sen pitkäkestoisimmassa vaiheessa eli käyttövaiheessa. Kuviossa 3 on nähtävillä mahdollisia työpaikkoja eri vaiheissa. (Saarinen, S 2013, 286; Suomen tuulivoimayhdistys ry i.)





KUVIO 3. Mahdollisia työpaikkoja tuulivoimahankkeessa

Tuulivoima tarjoaa työpaikkoja ympäri Suomen, mutta varsinkin huolto ja ylläpitotyöt painottuvat alueille, joissa on eniten tuulivoimaloita. Haaste on kuitenkin osaavan työvoiman saanti. Kuvassa 1 näkyy Suomen tuulivoimayhdistyksen arvio tuulivoiman vaikutuksesta työllisyyteen henkilötyövuosina vuosina 2018 ja 2030. Taulukossa 2 on näytetty tarkemmin rakentamisen ja käyttövaiheen henkilötyövuodet. Suorilla vaikutuksilla tarkoitetaan tuulivoimasektorille ja sen välittömään toimintaan liittyviä vaikutuksia kuten liikevaihto sähkömyynnistä. Kerrannaisvaikutuksilla tarkoitetaan vaikutuksia, joita saadaan toiminnasta muilla toimialoilla. Tämä tarkoittaa esimerkiksi työntekijöille tarjottuja majoituspalveluja tai erilaisten tavaroiden ja raaka-aineiden ketjua, joita toimitetaan tuulivoimasektorille. (Suomen tuulivoimayhdistys ry i.)



KUVA 1. Tuulivoiman vaikutukset työllisyyteen (Suomen tuulivoimayhdistys ry)

TAULUKKO 2. Rakentamisen ja käyttövaiheen henkilötyövuodet (mukaan Suomen tuulivoimayhdistys ry)

	2018		2030	
<b>Rakentaminen</b>				
Suora työllisyysvaikutus	136	htv	530	htv
Kerrannaisvaikutus	12 789	htv	51 609	htv
<b>Henkilötyövuosi yhteensä</b>	<b>12 925</b>	htv	<b>52 139</b>	htv
<b>Käyttövaihe</b>				
Suora työllisyysvaikutus	2 200	htv	8 531	htv
Kerrannaisvaikutus	37 896	htv	150 927	htv
<b>Henkilötyövuosi yhteensä</b>	<b>40 096</b>	htv	<b>159 458</b>	htv

Kuten nähdään, yli kymmenessä vuodessa nousua tulee arvion mukaan olemaan voimakkaasti ja tämäkin arvio on todennäköisesti alakanttiin, koska tällä hetkellä tuulivoimaloiden kokonaisteho on jo lähes 7 000 megawattia. Vuoden 2030 arvioissa se on 8 000 megawattia. (Suomen tuulivoimayhdistys ry i.)

## 5.2 Tuulivoima-alan koulutus Suomessa

Tuulivoima-alalle ei ole tällä hetkellä sille tarkoitettua ammatillista perustutkintoa tai korkeakoulujen tutkintoa, vaan siihen pitää hankkia osaamista monesta eri tutkinnosta. Suunnittelussa, rakentamisessa, infrastruktuurin rakentamisessa ja maanrakennustyössä tarvitaan energiatekniikan sekä rakennus- ja konesuunnittelutekniikan osaamista. Tällä hetkellä alalla tarvitaan ennen kaikkea teknistä osaamista, kuten sähkö- ja automaatiotekniikan osaajia ja insinöörejä. Sopivia pohjakoulutuksia eniten tarvetta olevan huoltoteknikon työhön ovat esimerkiksi kone ja- tuotantotekniikan perustutkinto, koneasennuksen ja kunnossapidon ammattitutkinto sekä energia-alan ammatti ja erikoistutkinto. Voimaloiden pystytyksessä tarvitaan erityistä teknistä osaamista ja asiantuntemusta, mutta kuten aiemmin on mainittu, suurin osa työntekijöistä tulee tuulivoimayhtiön mukana. Tähänkin on epäilemättä mahdollisuus kotimaiselle työvoimalle, jos niihin tehtäviin motivaatiota on. (Sula 2023.)

Viime vuosina on tehty selvityksiä tulevaisuuden osaamistarpeissa tuulivoiman saralla. Esimerkkinä Kaustisen seutukunnan järjestämä Tuokes-hanke vuodelta 2023, joka selvitti edellytyksiä tuulivoima-alan osaamiskeskittymän perustamiselle Keski-Pohjanmaalle. Työryhmä on haastatellut eri tuulivoimalatoimittajia ja tehnyt arvoita sen perusteella. Tuulivoima-asentajiksi haluavilta toivotaan pohjakoulutukseksi sähköasentajan tutkintoa, osaamista hydraulikasta, englannin kielen perusosaamista, IT- taitoja, hyvää fyysistä kuntoa ja kykyä työskennellä korkealla. Työyhteisö on kansainvälinen, joten englannin kielen taito on välttämättömyys. Lisäksi ohjelmistot ovat englanniksi. Yleensä valmistajat antavat oman koulutuksen ja GWO-koulutukset hoidetaan ulkopuolisen toimijan puolesta. (Kaustisen seutukunta.)

MDI Public on laatinut vuonna 2023 jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskus Jotpan toimeksiannosta selvityksen tuulivoima-alan osaamistarpeista. Tutkimuksessa kävi ilmi, että osaajapula tulee olemaan huomattava haaste lähitulevaisuudessa ja yrityksillä on vaikeuksia löytää

osaavaa henkilökuntaa täyttämään nopean kasvun tarpeet. Tämän takia on suuri tarve kehittää koulutusta, joka vastaa alan vaatimuksia. Toisin sanoen kurssit ja koulutusohjelmat pitäisi suunnitella tuulivoima-alan erityistarpeisiin. Aloituspaiikkoja pitäisi myös lisätä varsinkin sähkö- ja automaatiotekniikan koulutuksessa ja etenkin niillä alueilla, missä rakennetaan kiivaimmin. Alalla on ilman tuulivoimaloitakin jo suuri kysyntä. (MDI Public c/o FCG Finnish Consulting Group Oy.)

## 6 TARVITTAVAT KOULUTUKSET TUULIVOIMATYÖMAALLE

Tuulivoimatyömaalla voimaloiden parissa työskenteleville tarkoitetut koulutukset ovat BST eli basic safety training ja BTT eli basic technical training. Näihin vaatimuksena on 18 vuoden ikä. (Skydda Suomi Oy). Muita vaadittavia koulutuksia ovat työturvallisuuskoulutus sekä riippuen tehtävästä sähkötyö- ja tulityöturvallisuuskoulutukset.

### 6.1 Global Wind Organisation

GWO eli global wind organization on kehittänyt korkeanpaikan turvallisuuskoulutusohjelman tuulivoima-alalle vastaamaan turvallisuuskoulutuksen kysyntään. GWO on voittoa tavoittelematon elin, jonka ovat perustaneet tuulivoimaloiden valmistajat ja omistajat vuonna 2009. GWO asettaa yhteiset kansainväliset standardit turvallisuuskoulutuksille ja menettelyille hätätilanteissa. Lähes kaikki tuulivoimavalmistajat kuten Vestas, Siemens ja Nordex Acciona kuuluvat organisaatioon ja siten noudattavat sen koulutusstandardeja. Jokaisella tuulivoimatyömaalla turvallisuus on ensisijainen asia riippumatta siitä, työskenteleekö korkealla vai maan pinnalla. GWO:n koulutusstandardi on maailmanlaajuisesti hyväksytty ja vaadittu määritelmä tuulivoimateollisuuden laadukkaalle turvallisuuskoulutukselle. (Caverion Oy; Global wind organisation 2023d; Global wind organisation 2023e.)

### 6.2 BST-training

BST eli basic safety training standard koostuu kuudesta eri moduulista, jotka ovat first aid - ensiapu, manual handling - taakan käsittely, fire awareness - tulipaloihin varautuminen, work at heights - korkealla työskentely, combined working at heights and manual handling - korkealla työskentely ja manuaalinen käsittely yhdessä sekä sea survival - meripelastautuminen. Lisäksi on olemassa advance rescue training – edistynyt pelastuskoulutus. Koulutuksen suorittuaan osallistujat ovat tietoisia tuulivoimateollisuuden vaaroista ja siitä, miten niitä voidaan välttää, hallita tai vähentää. Osallistujilla on hallussa tiedot, taidot ja itseluottamus asianmukaiseen reagoimiseen mahdollisessa hätätilanteessa. Koulutus antaa valmiuden huolehtia itsestään ja muista alalla työskentelevistä kollegoista. BST-koulutus on tarkoitettu jokaiselle, joka työskentelee tuulivoimateollisuudessa tai siihen liittyvillä aloilla. Kurssin kesto on GWO:n ohjeiden mukaan yhteensä vajaat 34 tuntia ja se on voimassa 24 kuukautta, jonka jälkeen kurssi pitää uusia. (Global wind organisation 2023b.)

### 6.2.1 First aid- ensiapu

Ensiapu-osion tavoitteena on teorian ja käytännön opetuksen avulla tunnistaa merkit, jotka mahdollisesti uhkaavat ihmishenkeä sekä antaa turvallista ja tehokasta ensiapua tuulivoimatyömaaympäristössä, kunnes hoitohenkilökunta saapuu paikalle. Teoriaosuudessa käydään läpi esimerkiksi lainsäädäntö, perustiedot kehon anatomiasta, perustiedot erilaisista oireista ja sairauksista, ensiavun toimintatavat tuulivoimaympäristössä, L-ABCDE-menetelmä, elvytys defibrillaattorilla sekä normaali ensiapu. Jälkimmäisiä harjoitellaan myös käytännössä. Koulutuksen jälkeen osallistuja osaa toimia itsenäisesti perusensiavun tarpeen tunnistamisessa, arvioinnissa ja priorisoinnissa. Lisäksi hän tunnistaa ihmiskehon normaalit toiminnot sekä loukkaantumisen merkit ja oireet sekä sen, kuinka tärkeää on antaa turvallinen ensiapu siihen asti, kunnes uhri voidaan siirtää varsinaiselle hoitohenkilökunnalle. Osallistuja osaa tehdä oikeat hätätoimenpiteet nimenomaan tuulivoimalaympäristössä sekä käyttää defibrillaattoria (AED) ja muita ensiapuvälineitä oikeaoppisesti. (Global wind organisation 2023b.)

### 6.2.2 Manual handling- taakan käsittely

Tuulivoimalatyössä ergonomia on yhtä tärkeää kuin esimerkiksi toimistopöydän äärellä. Tämän osion tavoitteena on teorian ja käytännön koulutuksen avulla vähentää tuki- ja liikuntaelimestön vammoja ja niiden riskejä. Työtehtävien suorittaminen turvallisesti tuulivoimatyömaalla tulee ymmärtää sekä noudattaa olemassa olevaa lainsäädäntöä. Osallistujan tulee tunnistaa työtehtävät, jotka voivat altistaa riskille saada lihas- tai luustovammoja. Teoriassa käydään läpi ihmisen anatomiaa, lainsäädännöt sekä taakan käsittelyn turvalliset käytännöt esimerkiksi eri tekniikkojen avulla sekä ratkaisuja mahdollisiin taakankäsittelyongelmiin. Käytännössä harjoitellaan tuulivoimateollisuudessa yleisesti käytetyillä kuormilla sekä harjoitellaan työtilanteita. (Global wind organisation 2023b.)

### 6.2.3 Fire awareness- tulityötietoisuus

Tulipalon sammutustyöt tuulivoimalassa vaativat enemmän erityisosaamista kuin normaalissa työympäristössä. Osion tavoitteena on antaa osallistujille keinoja estää tulipaloja, tehdä arvioita tulipaloista, hallita evakuointi ja varmistaa, että kaikki sujuu mahdollisimman turvallisesti tulipalon sattuessa. Jos tulipalo arvioidaan hallittavaksi tai turvalliseksi, osallistuja pystyy tekemään alkusammutuksen tehokkaasti. Teoriaosuudessa käydään läpi muun muassa tulipalon syttyminen, tulipalotyypit, poistuminen

savun täyttämästä tilasta ja tulipalon sammuttaminen. Käytännön harjoituksiin kuuluvat esimerkiksi evakuointi, erilaisten sammuttimien käyttö, palonuken sammuttaminen ja suojanaamarin käyttö. Osiossa käydään läpi myös tuulivoimaympäristön varautumissuunnitelmat kuten hätäpoistumismenettelyt. Koulutuksen suorittettua osallistuja osaa toimia itsenäisesti tunnistaakseen palovaarat ja estääkseen tulipaloja syntymästä, kykenee ottamaan vastuun tulipalon arvioinnista ja osaa valita oikeat sammutusvälineet. (Global wind organisation 2023b.)

#### 6.2.4 Work at heights- korkealla työskentely

Korkealla työskentely- osion tavoitteena on teorian ja käytännön koulutuksen avulla antaa tarvittavat perustiedot henkilösuojainten käytöstä sekä ohjeet turvalliseen työskentelyyn korkealla. Osiossa käydään läpi vaarat ja riskit, jotka liittyvät korkealla työskentelyyn etenkin tuulivoimaympäristössä. Turvavarusteiden asianmukaiset huolto-, tarkistus- ja säilytystoimenpiteet käydään läpi. Turvavarusteet tulee tarkistaa ja huoltaa tietyin väliajoin ja riippuen rakentamisesta vastaavasta tuulivoimayhtiöstä on tarkastusdokumentit toimitettava työmaajohdolle. Lisäksi käydään läpi muun muassa työnantajan vastuut ja velvollisuudet, CE- ja EN-merkinnät, turvallisuussuunnitelmat ja riskianalyysit, ankkuripisteiden vaatimukset ja sääolosuhteiden vaikutuksia. Käytännössä harjoitellaan kiipeämistekniikkaa sekä eri turvalaitteiden, esimerkiksi valjaiden, liukulukkojen ja putoamissuojien käyttöä. Lisäksi harjoitellaan ankkuripisteiden tunnistamista, hätätilanteeseen joutuneen laskemista alas, pelastautumista ja tavaroiden nostamista. Harjoituksessa käytettävät kiinnityspisteet on oltava riittävän korkealla maan pinnasta, jotta valjasköysi avautuu täysin ja estää osallistujaa osumasta maahan. GWO:n suosittelema putoamiskerroin on 0,5, joka saadaan jakamalla putoamisetäisyys ja köyden pituus (KAAVA 1). Osallistujan tulee myös suorittaa vähimmäismäärä laskeutumista, jotta hän saa tuntumaa laskeutumisen nopeudesta turvalaitteiden avulla. Tämän korkeuden tulee olla vähintään 6,75 metriä. (Global wind organisation 2023b.)

$$\text{Fall Factor (FF)} = \frac{\text{Distance Fallen}}{\text{Leng of lanyard}} \quad (1)$$

$$\text{Fall Factor (FF)} = \frac{1.00 \text{ m}}{2.00 \text{ m}} = 0.5$$

Osion suoritettuaan osallistuja ymmärtää tarvittavat lainsäädännöt ja osaa tunnistaa oikeat standardinmukaiset turvavarusteet kuten kokovaljaat, turvaköydet, tukiköydet, kelautuvat tarraimet, vaijeriliukukot ja kiskoliukukot. Lisäksi hän ymmärtää, kuinka tärkeää on tehdä riskianalyysit ja pelastussuunnitelmat. (Global wind organisation 2023b.)

### **6.1.5 Combined working at height and manual handling- yhdistetty korkealla työskentely ja taakankäsittely**

Yhdistetyn osion tavoitteena on teoreettisen ja käytännön koulutuksen kautta opettaa perushenkilösuojainten käyttö ja turvallinen työskentely korkealla sekä antaa mahdollisuus suorittaa kokonaisvaltainen pelastustoimenpide korkealla tuulivoimalassa. Kuten moduulin nimi sanoo, on moduuli periaatteessa yhdistelmä taakan käsittelystä ja korkealla työskentelystä. Tavoitteena on kannustaa hyvään ja ergonomiseen taakankäsittelyyn ja opetella niitä sopivassa ympäristössä. (Global wind organisation 2023b.)

### **6.2.5 Sea survival – meripelastautuminen**

Tämä osio koskee niin sanottuja offshore-puistoja eli tuulivoimaloita, jotka rakennetaan merelle ja se täydentää working at heights -osion. Kurssin tavoitteena on teorian ja käytännön opetuksen kautta antaa eväät toimia turvallisesti ja vastuullisesti merituulivoimaprojektissa, sen laitureissa, asennusaluksessa, tuulivoimaloissa ja niiden välillä. Erityistä huomiota kiinnitetään juuri turvalliseen matkustamiseen laiturin, alusten ja voimaloiden välillä. Teoriassa käydään läpi työmaan organisointi ja turvallisuuskulttuuri sekä tarvittavat lainsäädännöt, jotta osallistuja on tietoinen vastuista ja säännöistä niin henkilökohtaisesti kuin projektissa. Lisäksi käydään läpi muun muassa hypotermia ja hukkuminen, henkisuojaimet ja muut varusteet, kuljetusketju sekä henkiinjäämistekniikka vedessä. Käytännössä harjoitellaan pelastus- ja apuvälineiden käyttöä vesiympäristössä kuten mies yli laidan- tekniikoita, pelastuslautalla toimimista, hengenpelastuslaitteiden käyttöä, toimintaa hypotermian varalta sekä henkilöstön ja tavaroiden siirtoa tuulivoimaloihin ja aluksiin. Kurssin suoritettuaan osallistujalla on perustiedot ja -taidot toimia turvallisesti koko projektin ajan. (Global wind organisation 2023b.)



### 6.3 ART-training- edistynyt pelastuskoulutus

ART eli advance rescue training on suunnattu henkilöille, jotka ovat käyneet jo BST-koulutuksen ja työskentelevät vaativissa asiantuntijatehtävissä alakellarissa, nasellissa eli konehuoneessa ja tornissa. Näin ollen harjoitukset ovat haastavampia ja ne antavat osallistujalleen syvällisemmät tiedot ja taidot osallistujalle. Tämä koulutus ei ole pakollinen, jotta voi työskennellä voimaloissa. ART sisältää neljä eri moduulia, joiden aikana osallistuja oppii pelastamaan itsensä ja toiset henkilöt turvallisella tavalla. Ensimmäisessä osiossa keskitytään ryhmäharjoituksena pelastustehtävään siivestä, navasta ja spinneristä eli kärkekarttiosta. Toisessa osiossa keskitytään pelastamiseen nasellista, tornista ja alakellarista. Kolmannessa ja neljännessä osiossa nämä samat harjoitukset tehdään yksin. Teoriaosuudessa käydään läpi maakohtaiset ja kansainväliset määräykset vaarallisissa oloissa työskentelyssä. Lisäksi käydään läpi valmiussuunnitelma- ja suunnittelu, tutustutaan pelastusparien ja niskakaulurin ominaisuuksiin, pelastusvarusteiden ominaisuuksiin, käydään läpi ankkuripisteet ja niissä huomioitavat asiat sekä suunnitelma yksin ja ryhmässä pelastamiseen. Käytännön harjoittelussa tehdään aiemmin mainitut pelastustehtävät yksin ja ryhmässä ja evakuointi sekä harjoitellaan niskakaulurin ja parien käyttöä. Koulutuksen jälkeen osallistuja pystyy suorittamaan vaikeita pelastustehtäviä, osaa arvioida erilaisia pelastustrategioita sekä tehdä pelastussuunnitelmia. (Caverion Oy; Skydda Suomi Oy.)

### 6.4 BTT-training

BTT eli basic technical training koostuu viidestä eri moduulista, jotka ovat mechanical – mekaaninen työ, electrical – sähkötyö, hydraulic – hydraulikkatyö, bolt tightening – pulttien kiristystyö ja installation -asennustyö. BTT-kurssin tarkoitus on käydä läpi vaaroja, jotka liittyvät kyseisiin töihin ja opettaa hallitsemaan sekä välttämään niitä. Bolt tightening ei kuulu pakolliseen BTT-koulutukseen, joten on vastuuhenkilön päätettävissä, onko se suoritettava. Kurssin kesto on GWO:n ohjeiden mukaan yhteensä vajaat 35–36 tuntia ja osiosta riippuen on koe tai kertaus. Voimassaoloaika ei sovelleta tähän koulutukseen, mutta henkilön tulee olla aktiivisesti töissä tuulivoimaympäristössä, jotta kurssia ei tarvitse uusida. (Global wind organisation 2023c.)

### 6.4.1 Mechanical- mekaaninen työ

Mekaanisen työn osio antaa johdannon tuulivoimalaan, sen rakenteeseen ja toimintaan. Tavoitteena on antaa osallistujalle tarvittavat tiedot ja taidot työtehtävien suorittamiseen käyttämällä turvallisia työmenetelmiä ja standardinmukaisia henkilösuojaimia. Osiossa tutustutaan tuulivoimaloiden pääkomponentteihin eli perustuksiin, tornin osiin, naselliin, roottoriin, siipiin ja niiden aerodynamiikkaan, voimansiirtoon sekä tikkaisiin, hissiin ja välitasoihin. Lisäksi käydään läpi tärkeimmät mekaaniset järjestelmät sekä niiden toiminnot ja sijainnit. Toisin sanoen perehdytään turbiinin toimintaan sekä keskustellaan mekaniikkaan liittyvistä riskeistä. Osiossa esitetään turbiinin perustoiminnot eli käydään läpi esimerkiksi suunnanmuutosjärjestelmä ja lapakulman säätö. Lisäksi perehdytään ohjausjärjestelmän, jarrujärjestelmän, jäähdytysjärjestelmän ja voitelujärjestelmän toimintaan, mahdollisiin ongelmatilanteisiin sekä tarkastuksiin. Myös erilaiset kytkennät sekä vaihteiston ja generaattorin toiminta sekä tarkastukset ovat oleellinen osa opetusta. (Global wind organisation 2023c.)

Mekaaniseen osioon kuuluu erilaisten pulttien tunnistaminen ja toiminta. Esimerkiksi pulttien kierteiden voitelun, lämpötilan, kiristysten, aluslevyjen ja lujuuden merkitykset käydään läpi. Osion jälkeen osallistuja osaa tehdä tarvittavat tarkastukset ja käyttää erilaisia kiristystyökaluja kuten momenttiavainta. Tornien liitoskohdat ja tasot eli tornien väliset yhteydet opetellaan sekä käydään läpi erilaisien hitsausliitosten tarkastukset ja dokumentoinnit. (Global wind organisation 2023c.)

### 6.4.2 Electrical- sähkötyö

Sähkötyö-osion tavoitteena on antaa osallistujalle tarvittavat tiedot ja taidot sähkötyötehtävien suorittamiseen käyttämällä turvallisia työmenetelmiä ja standardinmukaisia henkilösuojaimia. Osiossa käydään läpi perustiedot sähköstä, sähkötyöturvallisuus sekä sähkötöihin liittyvät riskit ja vaaratekijät, sähkökomponenttien kuten muuntajien, vastusten, kontaktorien, generaattorien ja moottorien toiminta ja symbolit. Lisäksi käydään läpi erilaisten anturien kuten tuuli-, lämpötila ja paikannusantureiden toiminta ja sijainnit. Kurssin aikana pitää tulkita myös yksinkertainen sähkökaavio sekä tehdä sen mukainen kytkeminen. Samalla opitaan turvallinen ja oikeaoppinen kytkeminen sekä mittaukset, joita harjoitellaan käytännössä erilaisilla laitteilla. (Global wind organisation 2023c.)

### 6.4.3 Hydraulic- hydrauliikkatyö

Hydrauliikka-osion tarkoitus antaa osallistujalle perustiedot erilaisista hydrauliikkajärjestelmistä sekä tiedot ja taidot niitä koskevien tehtävien suorittamiseen käyttämällä turvallisia työmenetelmiä ja standardinmukaisia henkilösuojaimia. Osiossa käydään läpi hydrauliikan perusteet sekä sen suhde sähköön ja mekaaniseen toimintaan tuuliturbiinissa. Lisäksi käydään läpi hydrauliikkatöihin liittyvät riskit ja vaaratekijät. Korkeapainejärjestelmät sekä erilaisten pumppujen ja venttiilien toiminta ja käyttö opetellaan. Osiossa perehdytään myös akkujen toimintaan, niiden tarkastukseen ja latauksiin. Kurssin jälkeen osallistuja tunnistaa erityyppiset anturit sekä komponentit, jotka siirtävät öljyä. Lisäksi opetetaan öljynäytteen kerääminen ja öljytasojen tarkastaminen. Osallistuja osaa tulkita hydrauliikkakaavioita ja symboleita sekä mitata hydraulpaineen. (Global wind organisation 2023c.)

### 6.4.4 Bolt tightening- kiristystyö

Tuulivoimalatyömaalla pultit ovat suuria, joten niiden kiristämiseen tarvitaan erikoistyökaluja. Tämän osion tavoitteena on parantaa turvallisuustietoisuutta työn suorittamisessa sekä käydä läpi kiristystyökalujen laadukas ja oikeaoppinen käyttö sekä säilytys. Erilaisten kiristystyökalujen ja tarvikkeiden, kuten akkutyökalujen, hydrauliikkatyökalujen, sähkötyökalujen sekä yhdistelmätyökalujen käyttöä harjoitellaan esimerkiksi löysäämällä ja kiristämällä pultteja. Myös erilaisten mekaanisten apuvälineiden kuten vinssien ja nostimien ohjeita ja käyttöä käydään läpi. Pultteja kiristetään myös tornin ulkopuolelta, joten henkilönostimien ja turvavälineiden käyttö on oleellinen osa. Lisäksi keskitytään hyvään työsuunnitteluun, dokumentointiin ja tarkastustöihin. (Global wind organisation 2023c.)

### 6.4.5 Installation- asennustyö

Asennus-osio on laaja ja eniten aikaa vievä osa kokonaisuudesta. Opetukseen kuuluu paljon eri asioita itse asennuksen lisäksi komponenttien vastaanotosta asennuspaikan siivoamiseen. Tavoitteena on antaa osallistujalle yleiskuva tuulivoimalan asennustyöstä sekä opettaa perusasennustehtävien suorittamista turvallisia työmenetelmiä ja standardinmukaisia suojavarusteita käyttäen. Koulutuksessa käydään läpi tärkeimmät asennustavat, keskustellaan riskeistä ja vaaroista sekä käydään läpi työvaiheiden tarkistuslistat ja miten ne täytetään. Osion tavoitteena on opettaa myös nostolaitteiden käytännöt ja niihin liittyvät riskit, vaarat sekä roolit ja vastuut. Pääkomponenttien oikeaoppiset valmistelut ennen asennusta käydään läpi. Kun komponentit kuljetetaan voimalan rakennuspaikalle, ne tarkastetaan, puretaan ja varastoidaan niille tarkoitetuille paikoille sekä tehdään mahdollisia korjaustoimenpiteitä, joita paikalla

pystyy tekemään. Tämän jälkeen valmistaudutaan esiasennukseen, pulttien kiristämiseen, pääasennukseen, kaapelitöihin sekä mekaaniseen, hydrauliseen ja sähköiseen viimeistelyyn. Siksi osioon kuuluvat myös perussähkötyöt, mukaan lukien kaapeleiden käsittely ja standardit sekä hydraulinen ja mekaaninen viimeistely. Lisäksi asennusvaiheessa käytettävien generaattoreiden periaatteet, toiminta ja riskit käydään tarkasti läpi. Ulkoista generaattoria käytetään esimerkiksi hissiin, suunnanmuutosjärjestelmään ja roottoriin. (Global wind organisation 2023c.)

## **6.5 Työturvallisuuskortti**

Työturvallisuuskortti on pakollinen tuulivoimatyömaalla. Koulutus antaa perustiedot työympäristön vaaroista ja työsuojelusta. Lisäksi sen tavoitteena on parantaa käytännön yhteistoimintaa tilaaja- ja toimittajayritysten välillä, kun käytössä on yhteinen työmaa, tukea työnopastusta sekä pyrkiä vähentämään työtapaturmia, vaaratilanteita ja haitallista kuormitusta. Koulutus on yleensä voimassa viisi vuotta, jonka jälkeen kurssi pitää suorittaa uudestaan. (Työturvallisuuskeskus.)

## **6.6 SFS 6002-sähkötyöturvallisuuskortti**

Kaikilla sähköitä tekevillä työntekijöillä tulee olla sähkötyöturvallisuuskoulutus. Sen tavoitteena on antaa sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002 mukainen perusperehdytys teoriaan. Kurssilla käydään läpi sähkön vaarat ja niiltä suojautuminen, tärkeimmät sähkötyön tekemiseen liittyvät määräykset ja ohjeet, työn organisointi ja henkilöiden vastuut sekä turvalliset työskentelytavat sähkön kanssa. Kursin suorittuaan henkilö saa SFS6002-sähkötyöturvallisuuskortin, joka on osoitus ammattipätevyydestä. Kortti on voimassa viisi vuotta, jonka jälkeen se pitää uusia. (Alertum.)

## **6.7 Tulityökortti**

Tulitöihin tarkoitettu pätevyys tarvitaan aina kun tehdään tulitöitä. Jos työn tekemisessä syntyy kipinöitä, käytetään liekkiä tai muuta lämpöä, joka aiheuttaa palovaaran, on kyse tulityöstä. Tuulivoimatyömaalla on myös tulitöitä, joten niihin osallistuvat työntekijät tarvitsevat tulityöpätevyyden. Koulutus koostuu teoriasta, suojaus- ja alkusammutusharjoituksesta sekä kokeesta. Tulityökorttikoulutuksen jälkeen osallistuja osaa välttää vaaratilanteita ja onnettomuuksia tulen kanssa työskennellessään. Hän osaa myös ennakoida sekä huomioida tulityön riskejä ja vaaroja. Tulityökortti on voimassa viisi vuotta, jonka jälkeen koulutus tulee uusia. (Suomen pelastusalan keskusjärjestö.)

## 7 GWO-KOULUTUSTEN SERTIFIINTI

GWO-koulutusten sertifiointi on pitkä ja työläs prosessi. Sertifikaatin hakemisessa täytyy GWO:n ohjeita noudattaa tarkasti ja koulutustiloilla sekä laitteilla pitää olla auditointi ja sertifikaatti. Keskeinen osa hallintorakennetta on koulutustietokanta WINDA, joka kaikilla sertifikaatin haluavilla tulee olla. Sertifikaatti on mahdollista saada myös oppilaitoksille, jos se täyttää tarvittavat laatu järjestelmän vaatimukset. Sertifiointiprosessin elementit, jotka koulutuksen tarjoajan tulee täyttää, ovat hallinnointimenetelmä, fyysiset ja henkilöstöresurssit sekä koulutus ja arviointi. Nämä käydään pääpiirteittäin läpi tässä luvussa. (Global wind organisation 2023e.)

### 7.1 WINDA

WINDA on maailmanlaajuinen tuulivoimateollisuuden koulutustietokanta, jonka avulla voidaan etsiä GWO-sertifioitua kurssin tarjoajia ja tarkistaa kurssille osallistuvien koulutustila. Kyseinen tietokanta on pakollinen kaikille, jotka haluavat sertifikaatin koulutuksen järjestämiseen sekä koulutukseen osallistujalle. Toisin sanoen koulutuksen saaneen henkilön tulee rekisteröityä WINDA:aan valtuutetuksi käyttäjäksi ja koulutuksen tarjoajan velvollisuus on ladata tarvittavat tiedot tietokantaan. WINDA:sta on pyritty tekemään käyttäjäystävällinen. Toisin sanoen tietokanta on yksinkertainen ja käytännöllinen käyttää. (Global wind organisation 2023f.)

### 7.2 Tukiprosessi

Koulutuksen tarjoajalla tulee olla käytössä laadunhallintajärjestelmä, jolla varmistetaan koulutuksen ja arvioinnin laatu, oikea sisältö, turvallisuus sekä GWO:n standardien ja sääntöjen noudattaminen. Standardien ja koulutusosioiden toteuttamiseksi tulee olla selkeä käytäntö sekä huolehtia voimassaoloajasta ja nimetä siihen vastuhenkilö. Minimissään tukiprosessin pitää sisältää seuraat asiat:

- kuvaus organisaatiosta, rooleista ja vastuualueista
- dokumentaatio
- riskien arviointi ja minimointi, poikkeukset ja vaaratilanteiden raportointi. (Global wind organisation 2023f.)

### 7.2.1 Organisaatio, roolit ja vastualueet

Kouluttajalla tulee olla selkeästi määritelty organisaatio ja sen roolit sekä vastualueet ja valtuudet tukiprosessille. Käytössä pitää olla tarvittavat opetusvälineet ja fyysiset resurssit, ohjaajien tulee olla päteviä ja koulutuksessa tulee noudattaa GWO:n koulutusosioiden ohjeita ja standardeja. Vähintään keran vuodessa koulutuspaikan johdon tulee varmistaa, että koulutus sujuu sääntöjen mukaan eli noudatetaan ohjeita ja standardeja. Lisäksi tulee varmistaa, että auditoinnit ovat kunnossa. Sisäiset tarkastukset tulee tehdä auditoinnista kokemusta omaava henkilöstö, eikä eturistiriitoja saa olla. Näin saadaan mahdollisimman objektiivinen käsitys. Sisäiset tarkastukset muutoksineen ja korjauksineen tulee dokumentoida. (Global wind organisation 2023f.)

### 7.2.2 Dokumentaatio

Koulutuksen päätyttyä järjestäjän tulee 10 arkipäivän sisällä ladata seuraavat tiedot WINDA:aan:

- koulutukseen osallistujan WINDA-tunnus
- kurssin koodi
- koulutuksen päättymispäivä
- edellisen kurssin voimassaolopäivä (koskee vain kurssin uusijaa). (Global wind organisation 2023f.)

Näiden lisäksi järjestäjän on pidettävä rekisteriä esimerkiksi seuraavista tiedoista:

- koulutukseen osallistujan passissa tai muussa virallisessa henkilöllisyystodistuksessa oleva etu- ja sukunimi
- osallistujien päivittäinen läsnäolo
- ohjaajien nimet
- koulutuksen paikka ja maa
- osallistujien arviointilomake. (Global wind organisation 2023f.)

Yllä olevia tietoja on säilytettävä vähintään kaksi vuotta ja kolme kuukautta kurssin päättymispäivästä, jos kurssi suoritetaan kahden vuoden välein. Jos kurssia ei tarvitse uusia, pitää dokumentteja säilyttää viisi vuotta ja kolme kuukautta. (Global wind organisation 2023f.)

### **7.2.3 Riskien arviointi ja minimointi, poikkeukset ja vaaratilanteiden raportointi**

Koulutuksen järjestäjällä tulee olla vakiintunut menetelmä riskienhallintaan, mikä tarkoittaa riskienarvioinnin tekemistä turvallisen koulutuksen takaamiselle. Sen tulee kattaa ainakin koulutusvälineet, tilat, kouluttajien koulutukset ja kouluttajien palautteet. Koulutuksen järjestäjän tulee dokumentoida palautteet ja mahdolliset valitukset sekä lähettää ne GWO:lle, jos niitä pyydetään. Kurssista tulee toteuttaa tyytyväisyyskysely ja julkaista se kouluttajan sivuilla tai esimerkiksi koulutuspaikalla helposti löydettävässä paikassa. Koulutuksen järjestäjällä pitää olla järjestelmä vaaratilanteiden dokumentoimiseen. Tämän lisäksi vaaratilanteiden dokumentoinnit on lähetettävä GWO:lle. Jos koulutuksen aikana sattuva vaaratilanne on merkittävä, pitää se ilmoittaa GWO:lle 24 tunnin sisällä tapahtuneesta ja lievemmissä tapauksista viikon sisällä tapahtuneesta. (Global wind organisation 2023f.)

## **7.3 Laitteet, resurssit ja yleiset vaatimukset**

Koulutuksen tarjoajan tulee osoittaa, että heillä on tarvittavat resurssit koulutuksen suorittamiseksi GWO:n standardien ja ohjeiden mukaisesti. Tiloihin pitää olla luvat ja niihin pitää tehdä riskienarviointi. Harjoitusalueen tulee olla selkeästi merkitty ja häiriötekijät poistettu. Esimerkiksi matkapuhelimia ei saa pitää mukana koulutuksen aikana. Kaikki opetuksessa olevat laitteet ja tilat pitää auditoida ja sertifioida sekä niiden pitää olla aina käytettävissä koulutuksen ollessa meneillään. Käytännön harjoituksiin tarkoitetun tilan tulee sisältää kaikki mahdollisimman vertailukelpoiset elementit tuulivoimaympäristöön. Laitteet pitää huoltaa tarvittavin väliajoin ja huolto pitää myös dokumentoida. (Global wind organisation 2023f.)

### **7.3.1 Koulutustilat**

GWO-koulutukset voidaan suorittaa kiinteissä tai liikkuvissa koulutustiloissa sekä kentällä. Osa koulutuksesta voidaan suorittaa myös verkossa. Koulutuspaikka katsotaan kiinteäksi koulutustilaksi, kun hyväksytty koulutuksen järjestäjä suorittaa koulutusta säännöllisesti käyttämällä pysyvässä sijainnissa olevia laitteita sekä toimitiloja. Jokaiselle kiinteälle koulutustilalle luodaan oma WINDA-profiili. (Global wind organisation 2023f.)



Liikkuva koulutustila on yksikkö, joka on suunniteltu kuljetettavaksi ja voidaan valvotussa koulutusympäristössä käyttää tilapäisenä koulutuspaikkana. Jokaiselle tilapäiselle koulutuspaikalle pitää aina tehdä riskienarviointi, jossa otetaan huomioon liikkuvan yksikön rajoitukset. Ainakin yhden vastuukouluttajan pitää allekirjoittaa riskienarviointi. Tilapäinen koulutustila - joita kouluttajalla voi olla useampi - rekisteröidään myös WINDA:aan ja se voidaan tehdä koulutuksen tarjoajan varsinaisen osoitteen avulla. Itse tietojärjestelmässä eritellään, mikä tilapäinen koulutustila on kyseessä. (Global wind organisation 2023f.)

Kentällä tehtävässä koulutuksessa voidaan käyttää hyödyksi jo rakennettuja tuulivoimaloita ja tehdä harjoitukset niissä. Näissä tapauksissa osa koulutuksesta voidaan antaa paikkakunnalla olevassa parhaimmaksi havaitussa toimistoympäristössä. Kyseiselle paikalle ei tarvita tässä tapauksessa sertifikaattia, koska koulutuksen tarjoajalla tulee olla jo yksi tai useampi sertifioitu kiinteä tai liikkuva koulutustila. Kentällä käytävässä koulutuksessa avainasemassa on riskien- ja laadunhallinta. Tästä pitää toimittaa dokumentti, jossa otetaan huomioon paikan päällä käytävän koulutuksen sijainnin rajoitukset ja koulutuspäivien paikalliset riskitekijät. Lisäksi laitteet ja harjoituspaikat tulee todeta turvallisiksi ja GWO:n standardien mukaisiksi. Koulutuksia voidaan järjestää myös online-ympäristössä mahdollisuuksien ja GWO:n vaatimusten mukaan. Ne pitävät sisällään nykyajan koulutuksessa olevia elementtejä, kuten webinaareja ja oppitunteja tallenteen muodossa tai livenä. (Global wind organisation 2023f.)

#### **7.4 Kouluttajien pätevyys**

Jokaisella kouluttajalla tulee olla asianmukainen pätevyys ja kokemus. GWO-koulutusten kouluttajaksi voi päästä kahta eri reittiä, POCD-prosessin (participate, observe, co-deliver, deliver under observation) tai kouluttajan pätevyysprosessin kautta. Kouluttajana toimimisen edellytyksenä ovat joko sata tuntia dokumentoitua opetuskokemusta, GWO:n kouluttajapätevyys tai muu sitä vastaava pätevyys. POCD-prosessissa suoritetaan neljä eri vaihetta eli oman koulutuksen suorittaminen ja läpäisy, tarkkailijan rooli koulutuksen pitämisessä, koulutuksen opetukseen osallistuminen varsinaisen opettajan tukena sekä opetuksen suorittaminen itsenäisesti valvonnan alla. (Global wind organisation 2023f.)

Jos kouluttajalla on jo pätevyys, tulee se todistaa suunnittelemalla ja toimittamalla koulutusstandardien mukaisesti sekä rekisteröidä kouluttaja WINDA:an. Kouluttajan pätevyydestä on oltava doku-

mentti, joka osoittaa, että kouluttajalla on tarvittavat tuntemus tuulivoimateollisuudesta, turvallisuudesta ja työolosuhteista. Lisäksi kouluttajan pitää osata suunnitella ja toimittaa koulutus standardien mukaan sekä omata kyky arvioida ja antaa palautetta. Kouluttajien tulee ylläpitää ammattitaitoa perehdytyksillä ja käymällä maa- ja merituulivoimalassa sekä niiden työympäristössä. Kouluttajien pätevyys pitää arvioida ja dokumentoida kerran vuodessa ja koulutukset on uusittava aina tarvittaessa. (Global wind organisation 2023d.)

## 7.5 Koulutus ja arviointi

Koulutuksen minimivaatimukset määräytyvät GWO:n standardien ja osioiden mukaan. Jos koulutukseen tulee sovellettavan lainsäädännön perusteella lisäyksiä tai uusia vaatimuksia, on koulutuksen tarjoajan sisällytettävä ne koulutukseen. Tämä pätee myös päinvastaisesti eli jos sovellettava lainsäädäntö kieltää tiettyjä seikkoja, on koulutuksen tarjoajan poistettava ne koulutuksesta. Koulutuksen tarjoajan on varmistettava, että koulutukset ovat ajantasaiset ja ohjeet ovat standardin uusimmasta versiosta. Kaikki koulutukset tulee suorittaa turvallisesti ja aina vähintään yhden ensiapukoulutuksen omaavan henkilön on oltava paikalla. (Global wind organisation 2023f.)

Kurssin osallistujan on noudatettava GWO:n vaatimuksia sekä luoda henkilökohtainen profiili WINDA:an ennen koulutuksen alkua. Osallistujan pitää olla terve eli harjoituksia tai työskentelyä estäviä sairauksia ei saa olla. Lisäksi osallistujalla tulee olla normaali fyysinen kunto eikä hän saa käyttää päihkeitä. Osallistujan pitää osoittaa valmius fyysisiin harjoituksiin esimerkiksi lääkärintodistuksella tai GWO:n omalla lääketieteellisellä itsearvioimislomakkeella. (liite) Kokonaispaino varusteineen saa olla maksimissaan 140 kg. Kouluttajalla on oikeus keskeyttää osallistujan koulutus, jos ilmenee osallistujasta vaikeuttavia merkkejä ja ohjata hänet esimerkiksi terveydenhuoltoon. Koulutuspäivän kokonaiskesto ei saa ylittää 10 tuntia sisältäen tauot ja matkat, mikä tarkoittaa, että itse opetukseen käytetään enintään kahdeksan tuntia. Kurssi arvioidaan arviointilomakkeella, joka ladataan tietokantaan (tähän tulee liite). Lisäksi koko kurssin ajan käytetään suullista havainnointia ja palautetta. (Global wind organisation 2023f.)

## 7.6 Kustannukset

Koulutuksen tarjoaja investoi itse tiloihin, välineisiin, henkilöstöön ja muihin resursseihin GWO:n vaatimusten mukaisesti. Kun sertifiointi on suoritettu, maksetaan organisaatiolle vuosittainen lisenssimaksu, joka on tämän hetken taksan mukaisesti 650 euroa. Tietojen lataaminen WINDA:an on myös maksullista ja hinta riippuu maantieteellisestä sijainnista. Tämänhetkinen lataamishinta Suomessa on 9,38 euroa per osio eli jos osallistuja käy esimerkiksi BST-koulutuksesta ensiapu, korkeanpaikan- ja taakankäsittelykoulutuksen tulee hinnaksi 9,38 euroa x 3 eli 28,14 euroa (Global wind organisation 2023a.)

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä käytiin läpi tuulivoima-alan osaamistarpeen nykytilannetta Suomessa sekä tuulivoimapuistohankkeen vaiheet. Tuulivoimapuistohanke on vuosia kestävä prosessi, joka työllistää sen jokaisessa vaiheessa. Esiselvitysvaiheessa tarvitaan monen alan osaajaa, koska siihen kuuluu paljon poikkiteieteellisiä asioita. Esimerkiksi tuulimittaukset ja luvitukset hoituvat eri osaajien toimesta. Kun hanke pääsee toteutumisvaiheeseen, astuu projektiin mukaan kymmeniä jopa satoja henkilöitä riippuen projektin koosta. Ennen kuin tuulivoimalat luovutetaan asiakkaalle, on ne pystytetty, viimeistelty, tarkastettu ja lopulta luovutettu monen ihmisen toimesta. Nämä vaiheet hoituvat nykyään suurimmaksi osaksi ulkomaalaiselle henkilöstöllä eikä niissä ole juurikaan kotimaista työvoimaa. Rakennusvaiheessa kotimaista työvoimaa on lähinnä maanrakennuksissa, kuljetuksissa, sähkötöissä sekä ylläpidossa ja huollossa.

Teknikoiden riittäminen huolto- ja kunnossapitotehtävissä on haaste jo nyt. On syytä muistaa, että voimaloiden elinkaari on 25–35 vuotta. Tällä rakentamistahdilla työvoimapula tulee olemaan suuri, jos alaa ei saada nykyistä houkuttelevammaksi. Sähkö- ja automaatioalan 2. asteen tutkinto riittää hyvin pohjaksi, mutta sen lisäksi pitää käydä tuulivoimayhtiöiden omia koulutuksia kuten GWO-koulutukset. Osaratkaisuna voisi olla oma suuntautumisvaihtoehto esimerkiksi sähkö- ja automaatioalan perustutkintoon tai oma koulutuspolku alanvaihtoon tai huolto- ja asennusteknikoksi.

Tällä hetkellä GWO-koulutuksia järjestää muun muassa Caverion Oy, jolla on kiinteät koulutuspaikat Oulussa ja Seinäjoella. Sertifikaatin saaminen olisi tärkeää oppilaitoksille, joilla on tavoitteena yksinkertaistaa tuulivoima-alan koulutuspolkuja. Helpottaisi valtavasti, jos opetustilat olisivat siellä, missä muutkin opetus järjestetään. Sertifikaatin saaminen on työlästä ja se vaatii oppilaitokselta investointeja sekä resursseja. Mahdotonta se ei kuitenkaan ole.

## LÄHTEET

Alertum. *Sähkötyöturvallisuuskortti SFS 6002*. Saatavissa: <https://www.alertum.fi/koulutukset/sfs-6002/>. Viitattu 20.2.2024.

Caverion Oy. *Tuulivoimateollisuudelle suunnatut standardoidut GWO-koulutukset*. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/tuulivoima/gwo-koulutukset/>. Viitattu 6.2.2024.

Cleveland, C, Endres, P & Kubiszewski, I. 2010. *Meta-Analysis of Net Energy Return for Wind Power Systems. Renewable Energy*. 35. 218–225. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.01.012>. Viitattu 7.2.2024.

Global wind organisation. 2023a. *Become a GWO Training Provider*. Saatavissa: <https://www.globalwindsafety.org/trainingproviders/trainingproviders>. Viitattu 8.2.2024.

Global wind organisation. 2023b. *Basic Safety Training*. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [https://assets-global.website-files.com/5ce6247122f44f06d8edebbb/64d39e7f85dc67fce6f024f\\_230412169-BST%20V17090823.pdf](https://assets-global.website-files.com/5ce6247122f44f06d8edebbb/64d39e7f85dc67fce6f024f_230412169-BST%20V17090823.pdf). Viitattu 7.2.2024.

Global wind organisation. 2023c. *Basic Technical Training*. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [https://assets-global.website-files.com/5ce6247122f44f06d8edebbb/64c115262ea4fb62e1ea8fc2\\_2023-05-02%20BTT%20V8b.pdf](https://assets-global.website-files.com/5ce6247122f44f06d8edebbb/64c115262ea4fb62e1ea8fc2_2023-05-02%20BTT%20V8b.pdf). Viitattu 8.2.2024.

Global wind organisation. 2023d. *GWO Member Organisations*. Saatavissa: <https://www.globalwindsafety.org/member/gwo-member-organisations>. Viitattu 7.2.2024.

Global wind organisation. 2023e. *Requirements for Training*. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [644f77f7d44564d77ff96176\\_Requirements Training V13.pdf](https://644f77f7d44564d77ff96176_Requirements_Training_V13.pdf) (website-files.com). Viitattu 10.2.2024.

Global wind organisation. 2023f. *Winda*. Saatavissa: <https://winda.globalwindsafety.org/about/>. Viitattu 7.2.2024.

Hirvasnoro, K. 2023. *Tuulivoima toi Suomelle 2,9 miljardin investoinnit viime vuonna, lisäkapasiteetti vastasi lähes kahta olkiluoto 3: a*. KU. Saatavissa: <https://www.ku.fi/artikkeli/4819423-tuulivoima-toi-suomelle-29-miljardin-investoinnit-viime-vuonna-lisakapasiteetti-vastasi-lahes-kahta-olkiluoto-3a>. Viitattu 6.2.2024.

Ilmailulaki 7.11.2014/864. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140864>. Viitattu 5.2.2024.

Ilmatieteenlaitos. *Suomen tuuliatlas – tuulitiedot Suomen kartalla*. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tuuliatlas>. Viitattu 30.1.2024.

Kaustisen seutukunta. *Tuokes- tuulivoima-alan osaamiskeskus. Esiselvitys 1.9.2022-40.4.2023. Loppuraportti ja esiselvityshankkeen tulokset*. Saatavissa: [https://kaustisenseutu.fi/site/assets/files/6993/tuokes\\_loppuraportti\\_230425.pdf](https://kaustisenseutu.fi/site/assets/files/6993/tuokes_loppuraportti_230425.pdf). Viitattu 27.2.2024.



Suomen Tuulivoimayhdistys ry. d. *Neuvottelut maanomistajan kanssa*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/neuvottelut-maanomistajan-kanssa>. Viitattu 30.1.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. e. *Sähkösopimukset*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/sahkosopimukset>. Viitattu 3.2.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. f. *Takuu ja huollot*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/takuut-ja-huollot>. Viitattu 3.2.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. g. *Tuulivoima Suomessa 2023*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-suomessa>. Viitattu 6.2.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. h. *Tuulivoimahankkeen suunnittelu ja toteutus*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/tuulivoimahankkeen-suunnittelu-ja-toteutus>. Viitattu 30.1.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. i. *Tuulivoiman aluetalousvaikutukset, työllisyysluvut ja aluetalousvaikutukset eri elinkaaren eri vaiheissa*. <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/media/tuulivoiman-alueetalousvaikutukset-29.4.2019.pdf>. Viitattu 1.2.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. j. *Ympäristövaikutusten arviointi*. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/ymparistovaikutusten-arviointi>. Viitattu 28.1.2024.

Tilastokeskus. *Tietoa tilastoista*. Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/ulkomaalaisomis.html>. Viitattu 13.3.2024.

Työturvallisuuskeskus. *Työturvallisuuskortti- työturvallisuus yhteisellä työpaikalla*. Saatavissa: <https://tyoturvallisuuskortti.fi/>. Viitattu 6.2.2024.

Vattenfall. *Tuulivoiman plussat ja miinukset*. Saatavissa: <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/tuulivoima/>. Viitattu 28.1.2024.

Vesilaki 27.5.2011/587. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>. Viitattu 5.2.2024.

Vihanta, A. 2023. *Tuulivoimarakentamisen kulta-aika on ohi: Suurin kysyntä on tyydytetty ja uudet investoinnit jäissä*. Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20048410>. Viitattu 29.1.2024.

VTT. *Tuulivoiman tuotantotilastot 2010*. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W178.pdf>. Viitattu 20.2.2024.

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. *YVA- Hankkeiden ympäristövaikutusten arviointimenettely*: Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/hankkeiden-ymparistovaikutusten-arviointimenettely-yva>. Viitattu 6.2.2024.

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>. Viitattu 5.2.2024.