

TUULIVOIMALOIDEN JÄÄVAARASELVITYS

Versio	Päivämäärä	Tekijät	Hyväksytty	Tiivistelmä
Rev06	21.10.2016	SSd	CGr	Selvitys tuulivoimaloiden aiheuttamasta jäävaarasta.

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	2
1 Johdanto.....	3
2 Jäävaara.....	3
2.1 Jään muodostuminen	3
2.2 Jään tippuminen.....	3
2.2.1 Jääpalasten koko.....	3
2.2.2 Jääpalasten putoamisetäisyys.....	4
2.2.3 Jään putoamisen todennäköisyys ja onnettomuusriski	5
3 Jäävaaran tunnistaminen ja hallinta	6
4 Varotoimenpiteet	6
5 Lähteet	7

1 Johdanto

Etha Wind Oy on Megatuuli Oy:n toimeksiannosta laatinut tämän selvityksen nykyaikaisten suurien tuulivoimaloiden aiheuttamasta jäävaarasta. Jäävaaralla tarkoitetaan tässä tuulivoimaloihin muodostuvaa jäätä joka irrotessaan tuulivoimalasta voi tippua vaihtelevan etäisyyden päähän voimalasta.

Selvityksessä on tarkasteltu sekä teoreettisia selvityksiä etäisyyksistä joihin jäätä voi tippua, että kokemukseräisiä tutkimuksia jään tippumisesta toiminnassa olevissa tuulivoimapuistoissa.

2 Jäävaara

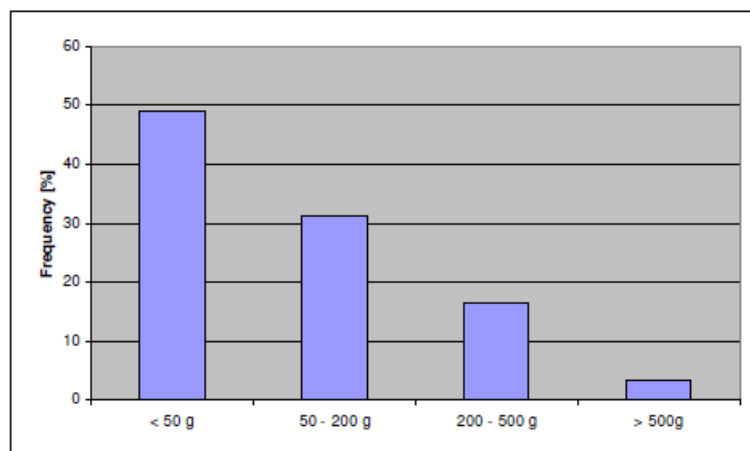
2.1 Jään muodostuminen

Jäätä muodostuu tuulivoimalan lapoihin esimerkiksi alijäähtyneestä sateesta. Tämän tyyppinen jäänmuodostuminen voi tapahtua nopeasti ja muodostuva kirkas jää on kauimmaksi tippuva jäätyppi (Cattlin ym. 2007). Tällainen kirkas jää irtoaa yleensä helpokosti kun turbiini pysähtyy automatiikan tai manuaalisen hallinnan kautta. Hidasta jään muodostumista tapahtuu kun pilvet ovat matalalla. Tällainen jäänmuodostus on tyypillistä ja rannikkoseutua suurempi ongelma Lapissa. Jäätä muodostuu myös suuremmassa määrin kun voimalat ovat pysähdyksissä kuin kun ne ovat käynnissä.

2.2 Jään tippuminen

2.2.1 Jääpalasten koko

Sveitsissä olemassa olevassa tuulivoimapuistossa tehdyssä seurannassa (Cattlin ym. 2007) suurin löydetty jääpalanen painoi 1,8 kg. Useimmat palaset painoivat vähemmän kuin 50 g.



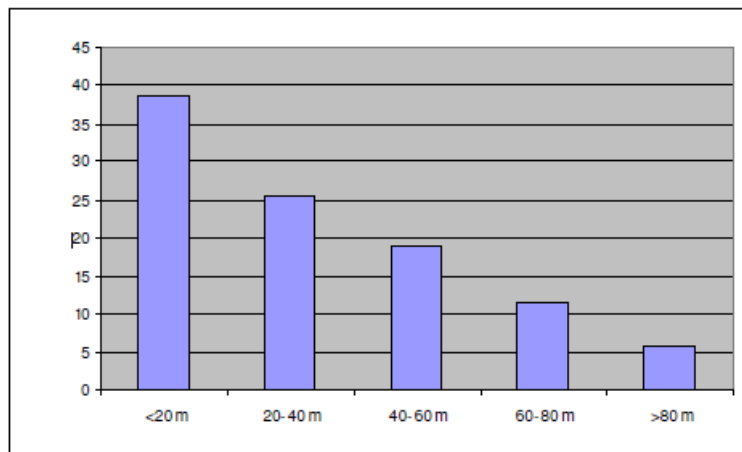
Kuva 1. Havaittujen jääpalasten paino (Cattlin ym. 2007).

2.2.2 Jääpalasten putoamisetäisyys

Seuraavat luvut koskevat kokonaiskorkeudeltaan noin 230 metrin tuulivoimalaa. Voidaan tunnistaa kolme riskityyppiä:

1. Lumen tai jään putoaminen konehuoneesta (nasellista). Tämä voi muodostaa vaaratekijän huoltohenkilökunnalle. WECO-projektissa (Wind Energy in Cold Climates) on annettu laskentakaavio tälle. Tässä tarkasteltaville tuulivoimaloille tämä kaavio antaa maksimaalisen putoamisetäisyyden 167 metriä 15 m/s tuulella.
2. Jään putoaminen lavoista voimalan ollessa pysähdyksissä. Tarkasteltaville tuulivoimaloille WECO:n kaavio antaa maksimaalisen putoamisetäisyyden 230 metriä 15 m/s tuulella.
3. Jään tippuminen lavoista voimalan ollessa käynnissä. WECO on antanut laskentakaavion myös tälle. Kaavio antaa jään tippumisen maksimietäisyydeksi 440 metriä. Todellisuudessa se lienee kuitenkin maksimissaan noin 350 metriä.

WECO on tuulivoimaloiden tuotantoa kylmissä oloissa käsittelevä tutkimushanke, jota rahoittavat osittain Euroopan komission Non Nuclear Energy Programme. On todettava, että WECO:n antamia laskentakaavioita (Seifert ym. 2003) esimerkiksi sveitsiläisen empiirisen tutkimuksen (Cattlin ym. 2007) ja RES:n mallin (Hutton 2013) perusteella on pidettävä restriktiivisinä, ja että todellinen maksimaalinen putoamisetäisyys on pienempi. Käytettävissä olevan tutkimustiedon perusteella arvioimme, että WECO:n malli yliarvioi maksimaalisen putoamisetäisyyden 20-30 %:lla.



Kuva 2. Jääpalasten etäisyys voimalasta (Cattlin ym. 2007). Pisimmälle lentänyt jääpalanen löytyi 92 metrin päästä. WECO:n laskentakaavio antoi samalle tuulivoimalalle maksimietäisyyden 135 metriä.

2.2.3 Jään putoamisen todennäköisyys ja onnettomuusriski

On haastellista arvioida jään putoamisen todennäköisyyttä. Edellä mainitussa sveitsiläisessä seurantatutkimuksessa havaittiin 121 jääpalasta yhteensä kahden vuoden aikana Cattlin ym. 2007). Suomen jääatlas (Finnish Icing Atlas 2011) antaa suuntaa antavan arvion siitä, sijaitsevatko voimamat alueella, jolla jään muodostuminen on yleistä vai ei. Jääatlasen perusteella esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalla, jossa monet Megatuulen hankkeista sijaitsevat, esiintyy aktiivista jäätymistä 100 metrin korkeudella 10-14 päivänä vuodesta (jäätyminen >10 g/h/m). Korkeudella 200 metriä aktiivista jäätymistä on noin 40 päivää vuodessa. Putoamistapahtumien lukumäärään vaikuttavat kuitenkin monet muutkin tekijät, kuten se miten voimamaa ajetaan jäätymsoloissa, onko käytössä jäänpoistojärjestelmä jne.

Olemassa olevien tutkimusten perusteella voidaan yli 350 metrin päässä tapahtuvien onnettomuuksien todennäköisyyttä pitää käytännössä olemattomana. Onnettomuus tai onnettomuusriski tarkoittaa tässä tilannetta, jossa neliömetrin suuruiselle alueelle lentää jääpartikkeli tai kappale, jonka koko voi olla pienestä muutamana gramman painosta ylöspäin. Suurin riski kohdistuu huoltohenkilökuntaan, joka liikkuu alle 100 metrin etäisyydellä voimaloista. Etäisyydellä 100-350 metriä on olemassa pieni riski onnettomuuksille ja riski pienenee etäisyyden kasvaessa. Tämän riskin suuruus riippuu paljon myös alueella liikkuvien ihmisten määrästä. Puustolla on lisäksi suojaava vaikutus metsäisessä maastossa.

Ihmisiin kohdistuva onnettomuusriski vaihtelee paljon sen mukaan, kuinka monta ihmistä lähialueella liikkuu talvisin. **Vaihteluväli voi olla yhdestä onnettomuudesta sadassa vuodessa, mikäli lähimpänä sijaitsevan alueen käyttö on vilkasta talvella, aina yhteen onnettomuuteen 100 000 vuodessa mikäli ihmisiä liikkuu lähialueella hyvin harvoin.**

Seuraavaksi annetaan pari esimerkkiä. Arvot antavat ainoastaan käsityksen riskien suuruusluokasta, ja niitä ei pidä pitää tarkkoina arvioina. Oletuksena tässä on, että tuulivoimapuisto käsittää 5-10 tuulivoimalaa.

Jos lähimpänä tuulivoimaloita alle 350 metrin etäisyydellä liikkuvien henkilöiden lukumäärä on minimoitu, jolloin alueella liikkuu ainoastaan joitakin ihmisiä päivässä, on onnettomuusriski erittäin pieni. Odotettavissa on vähemmän kuin yksi jäänheitosta aiheutuva onnettomuus 2000 vuodessa.

Jos ihmisiä liikkuu säännöllisesti esimerkiksi reiteillä 100-200 metriä tuulivoimaloista on todennäköistä, että tapahtuu yksi onnettomuus noin 300-400 vuoden välein.

Ottaen huomioon tuulivoimapuiston eliniän, noin 20 vuotta, on siis erittäin epätodennäköistä, että tällaisia jäänheitosta aiheutuvia onnettomuuksia tapahtuisi.

Tämä selvitys ei ota kantaa siihen, minkä kokoiset jääpalaset tällaisia onnettomuuksia aiheuttaisivat. On kuitenkin muistettava, että suuri osa tippuvista jääpalasista ovat hyvin pieniä, eivätkä ihmisille vaarallisia, joten todellisen vammoja aiheuttavan onnettomuuden riski on käytännössä äärimmäisen pieni.

3 Jäävaaran tunnistaminen ja hallinta

Tuulivoimaloiden roottorilapojen jäänmuodostus tunnistetaan joko tehokäyrän poikkeamien tai värinävaikutusten avulla. Tällöin jäävaaran hallinta tehdään usealla vaihtoehtoisella tavalla, turbiinivalmistajasta riippuen. Jos voimalaan on asennettu jäänpoistojärjestelmä (de-icing) käynnistyy lapojen lämmittäminen kun jäätä on havaittu. Jos voimalassa ei ole varsinaista jäänpoistojärjestelmää voimalat pysähtyvät automaattisesti tai manuaalisesti kun valvontajärjestelmä havaitsee asian. Jää irtoaa usein voimalan pysähtyessä tai sitä uudelleen käynnistettäessä. Tämä johtuu siitä, että voimalan lavat tyypillisesti taipuvat pyöriessään tuulen voimasta ja palautuvat normaaliasentoon kun voimala pysäytetään. Kun voimala taas käynnistetään, lavat taipuvat taaksepäin ja jää irtoaa lavoista usein itsestään ja lentomatkat ovat lyhyitä. Vaihtoehtoisesti jäätä voidaan ravistella pois. Manuaalinen käynnistys on useimmiten tarpeen jään irrottua.

Useimmat valmistajat tarjoavat roottorin lapojen lämmitysjärjestelmiä, mutta tällaiset järjestelmät eivät joko ole tarpeellisia tai kannattavia suuressa osassa Suomea, esimerkiksi rannikkoseudulla, hyvin pienen onnettomuusriskin ja tuotantotappion takia. Voimaloihin muodostuva jää irtoaa useimmiten kun turbiinit pysäytetään tai käynnistetään uudelleen, eikä pidemmälle ulottuva jäänheittovaara ole todennäköinen.

4 Varotoimenpiteet

Tuulivoimapuistoissa suositellaan seuraavia toimenpiteitä jäävaaran minimoimiseksi:

1. Voimalan sijoituspaikan sekä lähialueen kiinteistönomistajille järjestetään informaatiotilaisuus turvallisuusasioista ennen voimaloiden käynnistämistä.
2. Voimaloille johtavat huoltotiet varustetaan puomein. Puomilla on voimalan jäänheiton riskeistä kertova informaatiotaulu ja varoituskyltti.
3. Voimalan läheisyyteen ja noin 100 metrin päähän voimaloista pystytetään jäänheitosta varoittavat kyltit asianmukaisin välein.
4. Kaikki voimalasta alle 350 metriä kulkevat tiet, retkeilypolut, moottorikelkkareitit tai vastaavat reitit, joilla oletetaan kulkevan ihmisiä, varustetaan varoituskyltein. Näiden taukopaikat sijoitetaan riittävän etäälle.
5. Kypäräpakko voimala-alueella työskenteleville ihmisille ympäri vuoden.
6. Tuulivoimaloiden sijainnista riippuen lapojen lämmitys/jäänestojärjestelmän asentaminen. Erityisesti Lapissa suositeltava.

5 Lähteet

- Cattin, R. ym.. (2007). *Wind turbine ice throw studies in the Swiss alps*. Retrieved from <http://dobry-wiatr.pl/uploads/entries/c7c27f6809a00002c8b0084f06b29d94.pdf>
- Finnish Icing Atlas (2011). Retrieved from <http://www.tuuliatlas.fi/icingatlas/index.html>.
- Hutton, G. (2013) *The applications of ice throw modelling to risk assessment and planning in cold climates*. Retrieved from <http://www.winterwind.se/2013/download>
- Seifert, H. ym. (2003). *Risk analysis of ice throw from wind turbines*.
- Tammelin, B. ym. (1998). *Wind energy production in cold climate*. Retrieved from <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/47698271EN6.pdf>