



PIIPSANNEVAN TUULIVOIMAPUISTON VÄLKESELVITYS

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Varjovälkkeen muodostuminen	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät.....	5
4	Välkevaikutukset.....	7
4.1	Piipsannevan välkevaikutukset vaihtoehdossa VE1	7
4.2	Piipsannevan välkevaikutukset vaihtoehdossa VE2	9
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	10
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	10
5	Lähteet.....	12
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma.....	13

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2019-11-12	ArM	TLa	TLa	Piipsannevan tuulivoimapuiston välkeselvitys kahdelle eri hankevaihtoehdolle.

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Valkeselvitys Piipsannevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella kahdelle sijoitussuunnitelmalle (VE1 ja VE2).
- Työmenetelmät:** Valkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.2 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.
- Tulokset:** Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa tuulivoimaloiden välkevaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja.
- Molemmissa hankevaihtoehdossa (VE1 ja VE2) teoreettisen maksimitilanteen (worst case) vuotuinen välkemäärä 30 h/v ja päiväkohtainen välkemäärä 30 min/pv ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (saunarakennus). Todellisen tilanteen mukaisessa laskennassa (real case) suositusarvoja ei ylitetä.
- Raportoinnissa käytetyt suositusarvot ylittyvät rakennusten alueella, joiden käyttötarkoitus on epäselvä. Rakennustiedot on varmistettava ennen hankkeen toteuttamista.
- Tanskassa annettua suositusta enintään 10 tunnin vuotuisesta välkemäärästä ei ylitetä yhdessäkään Piipsannevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä.

2 Tausta

Välkeselvitys on tehty Piipsannevan tuulivoimapuistolle Haapaveden kaupungin alueella. Tuulivoimapuistolle on muodostettu kaksi vaihtoehtoa: vaihtoehdossa VE1 rakennetaan 50 tuulivoimalaa ja vaihtoehdossa VE2 rakennetaan 43 tuulivoimalaa.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmien VE1 ja VE2 mukaisia koordinaatteja (Liite 1). Vaihtoehdon VE1 välkemallinnus on tehty voimaloilla, joiden napakorkeus on 219 metriä ja roottorin halkaisija 162 metriä. Vaihtoehdon VE2 välkemallinnuksessa voimaloiden tornin korkeus on 215 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä.

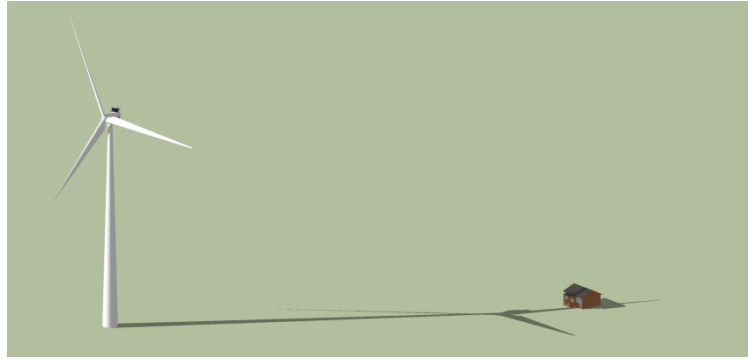
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.2 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 Varjovälkkeen muodostuminen

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan aamuisin ja iltaisin, kun aurinko on matalalla. Talvisin välkettä voidaan havaita laajemmalla alueella myös päivällä. Etäisyyden kasvaessa tuulivoimalan ja tarkastelupisteen välissä, välkkeen vaikutus pienenee. Kun tuulivoimala ei pyöri, välkettä ei esiinny. Välkevaikutus riippuu myös tuulen suunnasta eli roottorin kulmasta havainnointipisteeseen nähden.

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kesto aika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta välkelähteeseen.

Ihmiset kokevat välkevaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Suositusarvot ylittävä määrä varjovälkettä asuinalueella voi vaikuttaa asukkaiden viihtyvyyteen. Se havaitaanko varjovälkettä asuinalueella, loma-asunnolla tai työmaa-alueella, vaikuttaa ilmiön häiritsevyyteen. Myös eri hankkeiden varjovälkkeen kumuloituminen voi vaikuttaa lähialueen asuinvihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



Kuva 1. Varjovälkettä muodostuu, kun tuulivoimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä, aurinkoisella ja pilvettömällä säällä.

3.1 Ohje- ja raja-arvot

Suomessa ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet) ja 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa (teoreettisessa maksimitilanteessa). Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

3.2 Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät

Välkkeen muodostumiseen vaikuttavat oleellisesti sääolosuhteiden lisäksi voimaloiden käyttöaika, korkeus ja roottorin halkaisija. Myös kasvillisuus ja puusto vaikuttavat oleellisesti välkevaikutuksen muodostumiseen, mutta niitä ei ole laskennassa otettu huomioon eli todellisuudessa välkettä on paikoittain vähemmän kuin mallinnuksessa.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja -määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä WindPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen. Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat välkearvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen alueella mitattuja mastomittaustietoja.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun lentokentän säähavaintoja. Oulun lentokenttä sijaitsee noin 90 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 1,5 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 1. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0.77
Helmikuu	2.46
Maaliskuu	4.42
Huhtikuu	6.93
Toukokuu	8.81
Kesäkuu	9.87
Heinäkuu	9.13
Elokuu	6.84
Syyskuu	4.43
Lokakuu	2.23
Marraskuu	0.93
Joulukuu	0.26
Keskiarvo	4.76

Taulukko 2. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	594
Pohjoiskoillinen	414
Itäkoillinen	366
Itä	339
Itäkaakko	470
Eteläkaakko	733
Etelä	908
Etelälounas	1058
Länsilounas	1078
Länsi	906
Länsiluode	606
Pohjoisluode	541
Summa	8013

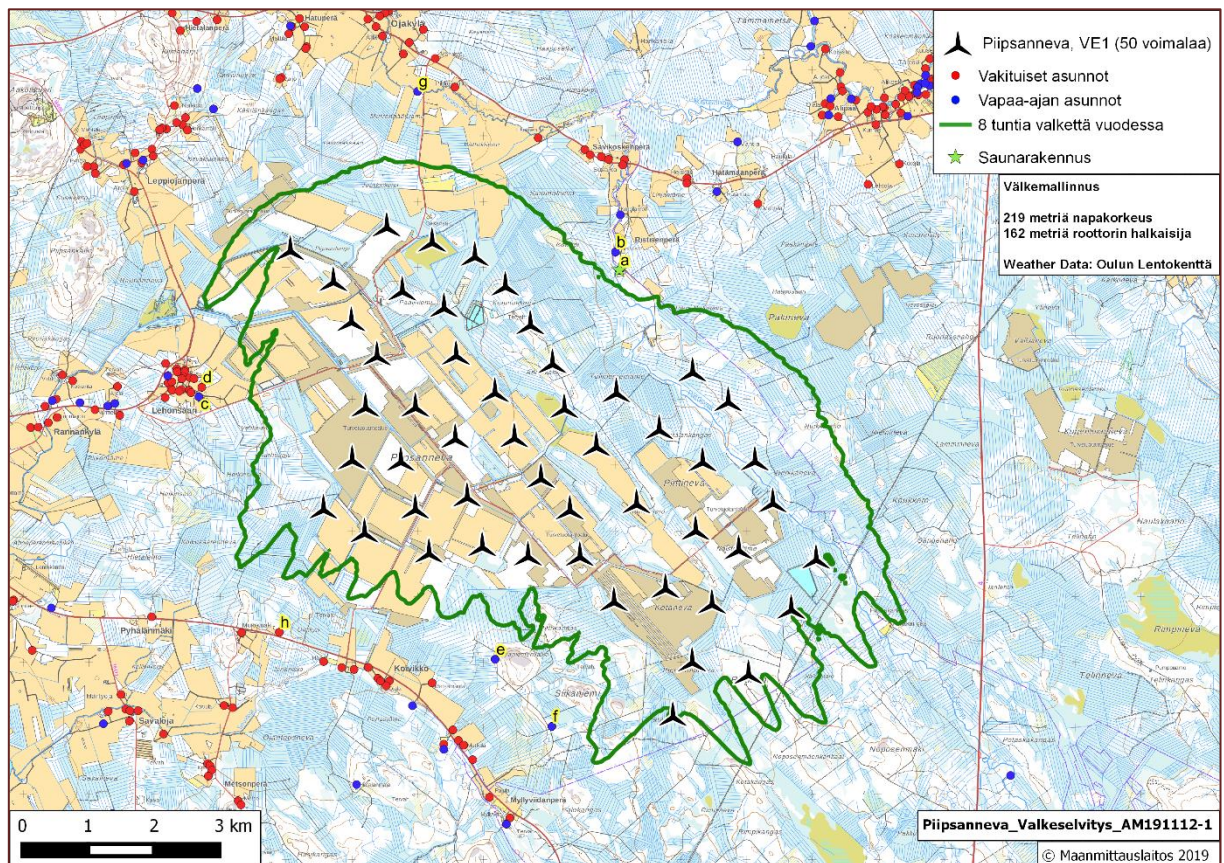
4 Välkevaikutukset

Välkemallinnukset on suoritettu LAI 2002 mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista. Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta.

4.1 Piipsannevan välkevaikutukset vaihtoehdossa VE1

Vaihtoehdossa VE1 rakennetaan 50 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 300 metriä. Välkemallinnuksessa käytetyn voimalamallin napakorkeus on 219 metriä ja roottorin halkaisija 162 metriä.

Seuraavassa kuvassa on välkemallinnuksen tulokset esitettynä visuaalisesti ja sen jälkeen tuloksia on selostettu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Rakennustiedot on poimittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Lisätietoja rakennuksista on saatu lisäksi hankkeesta vastaavalta.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Piipsannevan alueella (VE1). Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-h) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 3.

Kartalla vihreän aluerajauksen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu suositus kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ei

ylity yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (saunarakennus).

Laskennassa on tarkasteltu väkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

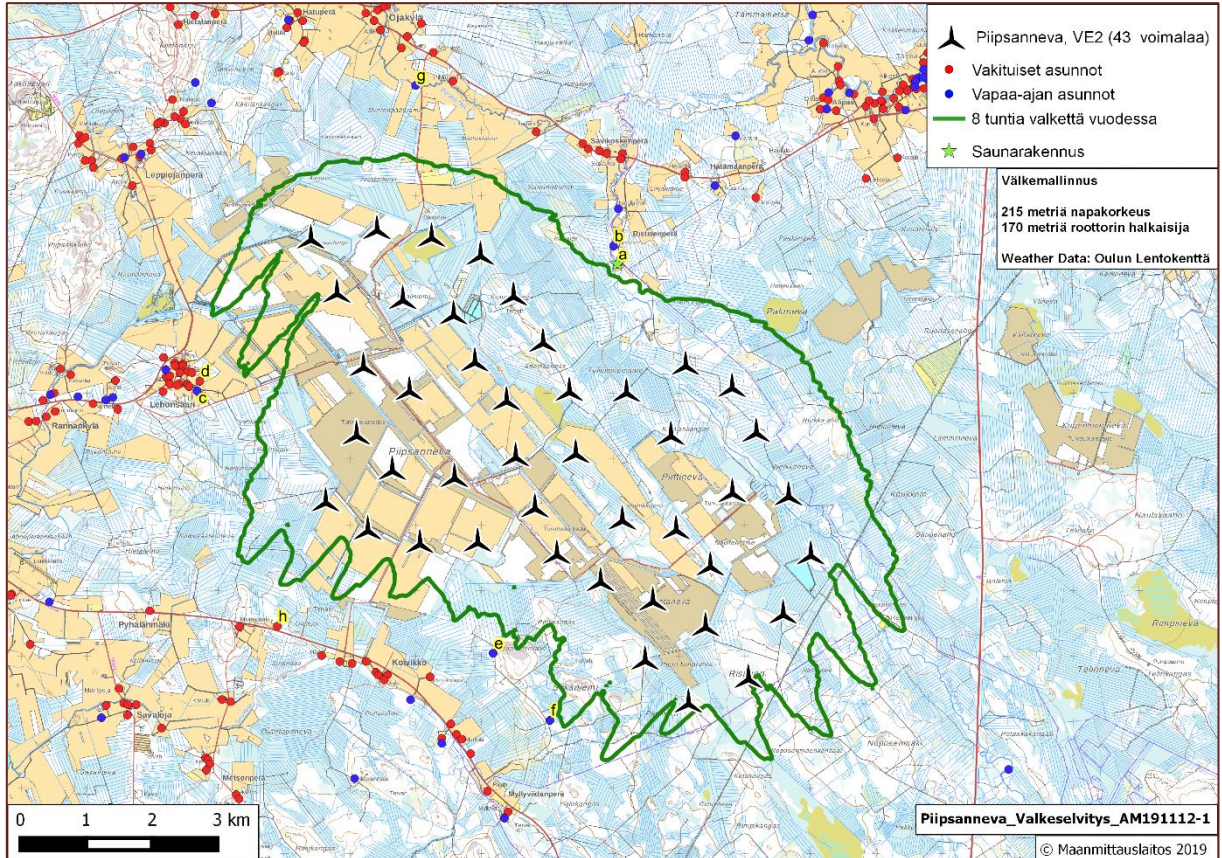
Taulukko 3. Varjovälkelaskennan tulokset, Piipsanneva VE1, 50 tuulivoimalaa

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvojen ylitys
a	Saunarakennus	436066	7114957	6:21	48:05	0:44	Osittain ¹
b	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	3:36	25:25	0:23	Ei
c	Vakituinen asunto	429673	7113032	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	429716	7113178	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	1:42	7:39	0:21	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	430895	7109455	0:00	0:00	0:00	Ei

¹ Teoreettisen maksimitilanteenvuotuinen väkettä 30 h/v ja päiväkohtainen väkettä 30 min/pv ylitetään. Todellisessa tilanteessa suositusarvoja ei ylitetä.

4.2 Piipsannevan välkevaikutukset vaihtoehdossa VE2

Vaihtoehdossa VE2 rakennetaan 43 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 300 metriä. Välkemallinnuksessa käytetyn voimalamallin napakorkeus on 215 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Piipsannevan alueella (VE2). Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-h) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 4.

Kartalla vihreän aluerajauksen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ylitetään kolmessa havainnointipisteessä, mutta näiden rakennusten status on varmistettava. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa päiväkohtainen välkemäärä 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (saunarakennus).

Laskennassa on tarkasteltu väkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 4. Varjovälkelaskennan tulokset, Piipsanneva VE2, 43 tuulivoimalaa

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvojen ylitys
a	Saunarakennus	436066	7114957	6:05	19:20	0:41	Osittain ²
b	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	3:06	19:09	0:24	Ei
c	Vakituinen asunto	429673	7113032	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	429716	7113178	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	6:04	21:59	0:25	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	430895	7109455	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät

Välkemallinnus edustaa keskimääräistä varjostustilannetta, jossa pohjana on käytetty pitkän ajan tilastollisia sääarvoja. Mikäli sääolosuhteet poikkeavat merkittävästi tilastoiduista arvoista, saattaa myös välkkeen määrä poiketa.

Tuulivoimaloiden käyttöaste, eli aika jolloin voimalat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Välkemallinnus tehtiin ilman kasvillisuuden huomioimista, jolloin kasvillisuuden vaikutus tulokseen on epävarmaa. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

Välkemallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuone-asetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle. Todellisuudessa välkettä esiintyy ainoastaan ikkunallisissa huoneissa, jotka ovat tuulivoimaloiden suuntaan.

4.4 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään,

² Teoreettisen maksimitilanteen päiväkohtainen välkemäärä 30min/pv ylitetään. Muut suositusarvot alitetaan.

joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä rottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään myös pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

5 Lähteet

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu / OH 5/2016*. Helsinki.

LAI (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*, Länderausschuss für Immissionsschutz- Arbeitsgruppe Schattenwurf.

Boverket (2009). *Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden*.

Etha Wind Oy (2017). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev10*. Internal work description.

Liite 1: Sijoitussuunnitelma

Välkemallinnus perustuu Piipsannevan tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmiin (VE1 ja VE2). Piipsannevan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 5. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (50 voimalaa)

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	431988	7114220	219/162/300
2	432961	7112918	219/162/300
3	433567	7112443	219/162/300
4	434675	7110657	219/162/300
5	433216	7115426	219/162/300
6	432740	7112095	219/162/300
7	432526	7115657	219/162/300
8	434870	7111839	219/162/300
9	435981	7109966	219/162/300
10	431714	7114828	219/162/300
11	432762	7114686	219/162/300
12	434467	7112455	219/162/300
13	436765	7110165	219/162/300
14	437472	7109929	219/162/300
15	436877	7108221	219/162/300
16	438027	7108859	219/162/300
17	438677	7109848	219/162/300
18	439056	7110610	219/162/300
19	437878	7110753	219/162/300
20	437223	7111046	219/162/300
21	438397	7111466	219/162/300
22	436325	7111450	219/162/300
23	438124	7112101	219/162/300
24	437719	7113002	219/162/300
25	437177	7113453	219/162/300
26	435463	7110652	219/162/300
27	433580	7113709	219/162/300
28	436670	7112578	219/162/300
29	436018	7113138	219/162/300
30	435310	7111357	219/162/300
31	435713	7112322	219/162/300
32	433978	7110800	219/162/300
33	433168	7110701	219/162/300
34	433749	7111552	219/162/300
35	432188	7111008	219/162/300
36	431564	7111370	219/162/300
37	432000	7112118	219/162/300
38	435226	7112901	219/162/300
39	434330	7114758	219/162/300
40	432377	7113698	219/162/300
41	432203	7112918	219/162/300
42	434709	7114172	219/162/300
43	435046	7113582	219/162/300
44	431059	7115301	219/162/300
45	433866	7115211	219/162/300
46	433396	7114432	219/162/300
47	437171	7109048	219/162/300
48	432960	7111370	219/162/300
49	434171	7113143	219/162/300
50	437329	7112089	219/162/300

Taulukko 6. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (43 voimalaa)

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	431799	7114560	215/170/300
2	432202	7113443	215/170/300
3	432097	7112404	215/170/300
4	432901	7113078	215/170/300
5	433238	7115409	215/170/300
6	432407	7115524	215/170/300
7	434378	7112926	215/170/300
8	434810	7111297	215/170/300
9	431403	7115382	215/170/300
10	432801	7114462	215/170/300
11	436603	7109879	215/170/300
12	433982	7115134	215/170/300
13	433573	7114230	215/170/300
14	434484	7114517	215/170/300
15	434933	7113810	215/170/300
16	435333	7113067	215/170/300
17	433939	7110776	215/170/300
18	437101	7113463	215/170/300
19	437808	7113127	215/170/300
20	438667	7111479	215/170/300
21	436202	7113053	215/170/300
22	433587	7111756	215/170/300
23	438176	7112443	215/170/300
24	437477	7110413	215/170/300
25	437145	7108329	215/170/300
26	435809	7110175	215/170/300
27	436486	7108982	215/170/300
28	431628	7111388	215/170/300
29	438585	7109683	215/170/300
30	439005	7110581	215/170/300
31	434517	7112072	215/170/300
32	435144	7110590	215/170/300
33	432640	7111868	215/170/300
34	436138	7111111	215/170/300
35	436956	7110967	215/170/300
36	435430	7112123	215/170/300
37	437405	7109492	215/170/300
38	437812	7111526	215/170/300
39	436878	7112398	215/170/300
40	433896	7113516	215/170/300
41	433061	7110755	215/170/300
42	432269	7110959	215/170/300
43	438056	7108704	215/170/300