



ETHA WIND



## VÄLKESELVITYS

Hirvasjärven Tuulipuisto

07.02.2024

## SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO .....	2
2	TAUSTA.....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....	3
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät .....	4
4	VÄLKEVAIKUTUKSET .....	8
4.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET .....	8
4.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET .....	10
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....	11
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta .....	12
5	LÄHTEET .....	13
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma .....	14

## VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1, 2023-05-19	Arina Makarova	Christian Granlund	Christian Granlund	Hirvasjärven tuulivoimapuiston välkeselvitys (VE1).
Ver 2, 2024-02-07	Arina Makarova	Christian Granlund	Christian Granlund	Hirvasjärven tuulivoimapuiston välkeselvitys, päivitetty sijoitussuunnitelma (VE1 ja VE2).

# 1 YHTEENVETO

## Tehtävä:

Välkeselvitys Hirvasjärven tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on tarkasteltu kaksi sijoitussuunnitelmavaihtoehtoa.

## Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver3.6 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 vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä Hirvasjärven tuulivoimapuiston havainnointipisteissä yhdessäkään sijoitussuunnitelmavaihtoehdossa. Teoreettisia maksimisuosituksia ei myöskään ylitetä.

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

*Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.*

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, VE1	Vertailuarvon ylityksiä, VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	0	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	0	0

## 2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Hirvasjärven tuulivoimapuistolle Kolarin kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 26 voimalaa.  
Voimalan kokonaiskorkeus on 300 m (roottorin halkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m).
- VE2: 21 voimalaa.  
Voimalan kokonaiskorkeus on 300 m (roottorin halkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m).

Välkeselvitys on tehty windPRO 3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). 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 kestoaika 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 asuinviihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



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

### 3.1 OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

Teoreettinen maksimitilanne tarkoittaa tilannetta, jossa kaikkien voimaloiden oletetaan olevan toiminnassa keskeytyksettä, ja taivaan oletetaan aina olevan pilvetön. Aurinkoisina ajanjaksoina teoreettisen maksimitilanne voi toteutua päivätasolla, mutta käytännössä ei vuositasolla. Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

### 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 EMD-WRF Europe+ MesoScale tuulisuustietoja.

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mikäli voimala on niin kaukana havainnointipisteestä, että sen lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei havainnointipisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

Välkemallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuoneasetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Rovaniemen säähavaintoja. Rovaniemen havaintoasema sijaitsee noin 80 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
<b>Auringonpaisteajat</b>	Rovaniemen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
<b>Toiminta-aika</b>	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 4)
<b>Asuntojen asetus</b>	Kasvihuone-asetus
<b>Mallinnus</b>	Välkემallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
<b>Lapaparametrit</b>	Arvioidut lapaparametrit käytössä
<b>Puuston vaikutus</b>	Ei huomioitu
<b>Vertailuarvot</b>	10 h/v todellinen tilanne
	8 h/v todellinen tilanne
	30 h/v teoreettinen tilanne
	30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0,48
Helmikuu	2,03
Maaliskuu	4,26
Huhtikuu	6,77
Toukokuu	7,65
Kesäkuu	9,03
Heinäkuu	8,39
Elokuu	5,87
Syyskuu	7,73
Lokakuu	1,93
Marraskuu	0,60
Joulukuu	0,09
<b>Keskiarvo</b>	<b>4,57</b>

*Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika*

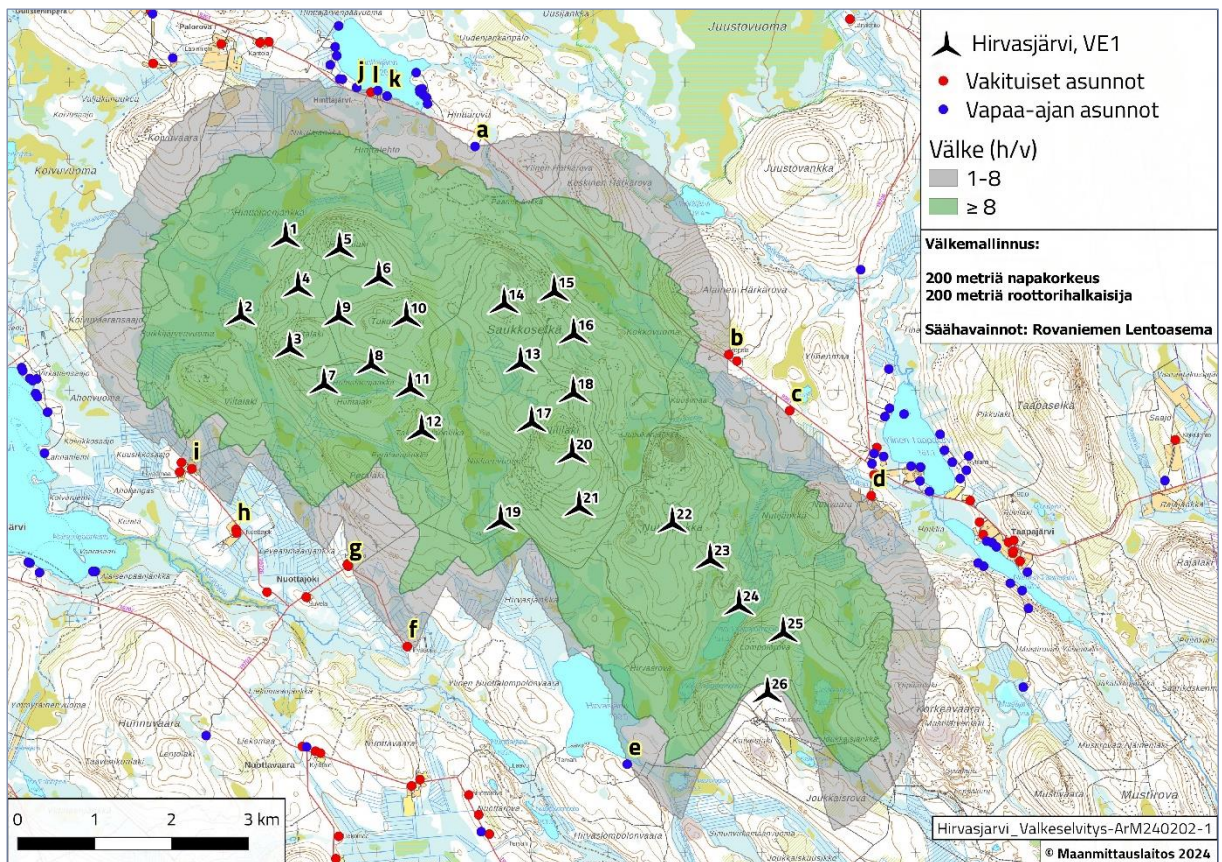
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	592
Pohjoiskoillinen	681
Itäkoillinen	569
Itä	463
Itäkaakko	499
Eteläkaakko	566
Etelä	1058
Etelälounas	1141
Länsilounas	762
Länsi	563
Länsiluode	551
Pohjoisluode	556
<b>Summa</b>	<b>8001</b>



## 4 VÄLKEVAIKUTUKSET

### 4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Hirvasjärven alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-l) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

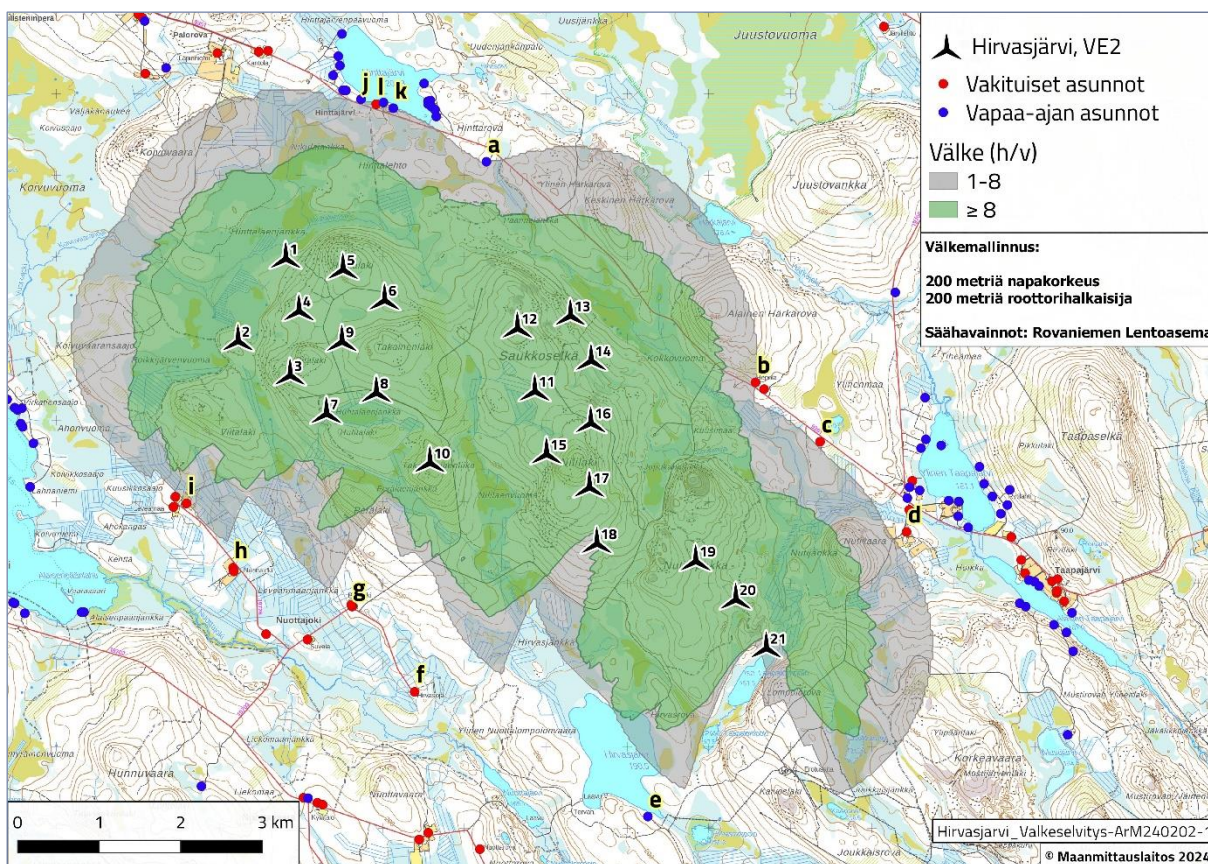
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

*Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Hirvasjärvi*

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Viikkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	393273	7450166	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	396573	7447463	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	397365	7446735	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	398427	7445632	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	395252	7442143	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	392392	7443671	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	391614	7444736	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	390166	7445192	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	389595	7445980	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	391735	7450932	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	392130	7450822	1:21	11:21	0:24	Ei
l	Vakituinen asunto	391921	7450872	1:20	11:48	0:24	Ei

## 4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Hirvasjärven alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-l) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

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

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Hirvasjärvi

Havainnointi piste	Asunnon 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)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	393273	7450166	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	396573	7447463	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	397365	7446735	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	398427	7445632	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	395252	7442143	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	392392	7443671	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	391614	7444736	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	390166	7445192	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	389595	7445980	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	391735	7450932	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	392130	7450822	1:21	11:21	0:24	Ei
l	Vakituinen asunto	391921	7450872	1:20	11:48	0:24	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 voimat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Välkemallinnuksessa ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. 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.

#### 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, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä roottoreita, 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

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). *Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.*

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 (2022). *02\_Flicker\_Checklist\_ArM220711-1.* Internal work description.

## LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

*Taulukko 7. Hirvasjärvi, voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (26 voimalaa).*

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	390809	7449027	200 / 200 / 300
2	390224	7448017	200 / 200 / 300
3	390863	7447597	200 / 200 / 300
4	390971	7448385	200 / 200 / 300
5	391511	7448893	200 / 200 / 300
6	392021	7448517	200 / 200 / 300
7	391308	7447127	200 / 200 / 300
8	391920	7447383	200 / 200 / 300
9	391498	7448010	200 / 200 / 300
10	392378	7447995	200 / 200 / 300
11	392429	7447080	200 / 200 / 300
12	392577	7446526	200 / 200 / 300
13	393863	7447402	200 / 200 / 300
14	393650	7448172	200 / 200 / 300
15	394300	7448328	200 / 200 / 300
16	394554	7447777	200 / 200 / 300
17	394007	7446631	200 / 200 / 300
18	394550	7447013	200 / 200 / 300
19	393605	7445352	200 / 200 / 300
20	394533	7446224	200 / 200 / 300
21	394624	7445535	200 / 200 / 300
22	395836	7445321	200 / 200 / 300
23	396328	7444851	200 / 200 / 300
24	396702	7444254	200 / 200 / 300
25	397278	7443900	200 / 200 / 300
26	397073	7443115	200 / 200 / 300

*Taulukko 8. Hirvasjärvi, voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (21 voimalaa).*

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	390809	7449027	200 / 200 / 300
2	390224	7448017	200 / 200 / 300
3	390863	7447597	200 / 200 / 300
4	390971	7448385	200 / 200 / 300
5	391511	7448893	200 / 200 / 300
6	392021	7448517	200 / 200 / 300
7	391308	7447127	200 / 200 / 300
8	391920	7447383	200 / 200 / 300
9	391498	7448010	200 / 200 / 300
10	392577	7446526	200 / 200 / 300
11	393863	7447402	200 / 200 / 300
12	393650	7448172	200 / 200 / 300
13	394300	7448328	200 / 200 / 300
14	394554	7447777	200 / 200 / 300
15	394007	7446631	200 / 200 / 300
16	394550	7447013	200 / 200 / 300
17	394533	7446224	200 / 200 / 300
18	394624	7445535	200 / 200 / 300
19	395836	7445321	200 / 200 / 300
20	396328	7444851	200 / 200 / 300
21	396702	7444254	200 / 200 / 300