



ETHA WIND



## VÄLKESELVITYS

Takakangas-Pihlajaharjun Tuulipuisto

02.08.2023

## SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO .....	2
2	TAUSTA.....	4
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät .....	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET .....	8
4.1	Takakangas-Pihlajaharjun välkevaikutukset.....	8
4.2	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden .....	10
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....	12
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta .....	12
4.5	Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma .....	12
5	LÄHTEET .....	14
	Liite 1. Sijoitussuunnitelma .....	15

## VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2022-05-30	Christian Granlund, 2022-06-01	Christian Granlund, 2022-06-01	Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston välkeselvitys.
Rev1	Arina Makarova, 2022-09-13	Jukka Rönnlund, 2022-09-13	Jukka Rönnlund, 2022-09-13	Mallinnuskartat päivitetty. Rakennuksen tila muutettu (rakennus o).
Ver2	Arina Makarova, 2023-07-14	Christian Granlund, 2023-08-02	Christian Granlund, 2023-08-02	Välkeselvitys päivitettyllä sijoitussuunnitelmalla.

# 1 YHTEENVETO

## Tehtävä:

Välkeselvitys Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

## 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 annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään useiden lähellä sijaitsevien asuntojen kohdalla.

Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, on suositusten ylityksiä vähemmän. Kahdeksan tunnin raja ylittyy yhden asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään useiden lähellä sijaitsevien asuntojen kohdalla.

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

Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimahankkeessa suosittelemme välkkeenhallintajärjestelmän käyttöä seitsemälle voimalalle suunnitelluista voimaloista.

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, mallinnus ilman puustoa
> 10 h/v, todellinen tilanne	1
> 8 h/v, todellinen tilanne	2
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	10
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	10

## 2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuistolle Parkanon kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 12 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusmenettelyssä. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 190 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 295 metriä.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.6 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.

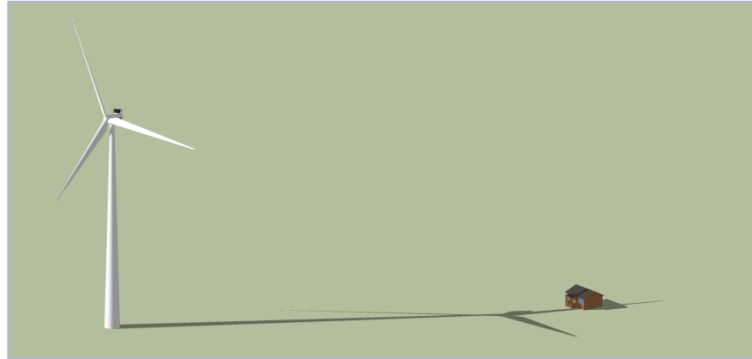
## 3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

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 kestoaika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0–30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta vätkelähteeseen.

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 väkემallinnustuloksia 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. Välkemallinnus on tehty sekä ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia että suojavaikutus huomioiden.

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.

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 häiritsevän voimakkaita liikkuvia varjoja. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Takakangas-Pihlajaharjun mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen säähavaintoja. Seinäjoen havaintoasema sijaitsee noin 90 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 2 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinuksissa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

#### *Taulukko 2. Mallinuksessa käytetyt asetukset*

Asetus	Kuvaus
<b>Auringonpaisteajat</b>	Seinäjoen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
<b>Toiminta-aika</b>	Laskettu tuulisuustietojen perusteella (EWS22, taulukko 4)
<b>Asuntojen asetus</b>	Kasvihuone-asetus
<b>Mallinnus</b>	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)

<b>Lapaparametrit</b>	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
<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	0,97
Helmikuu	2,54
Maaliskuu	4,68
Huhtikuu	6,30
Toukokuu	8,61
Kesäkuu	9,20
Heinäkuu	8,65
Elokuu	6,68
Syyskuu	4,67
Lokakuu	2,58
Marraskuu	1,03
Joulukuu	0,55
<b>Keskiarvo</b>	<b>4,71</b>

*Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika*

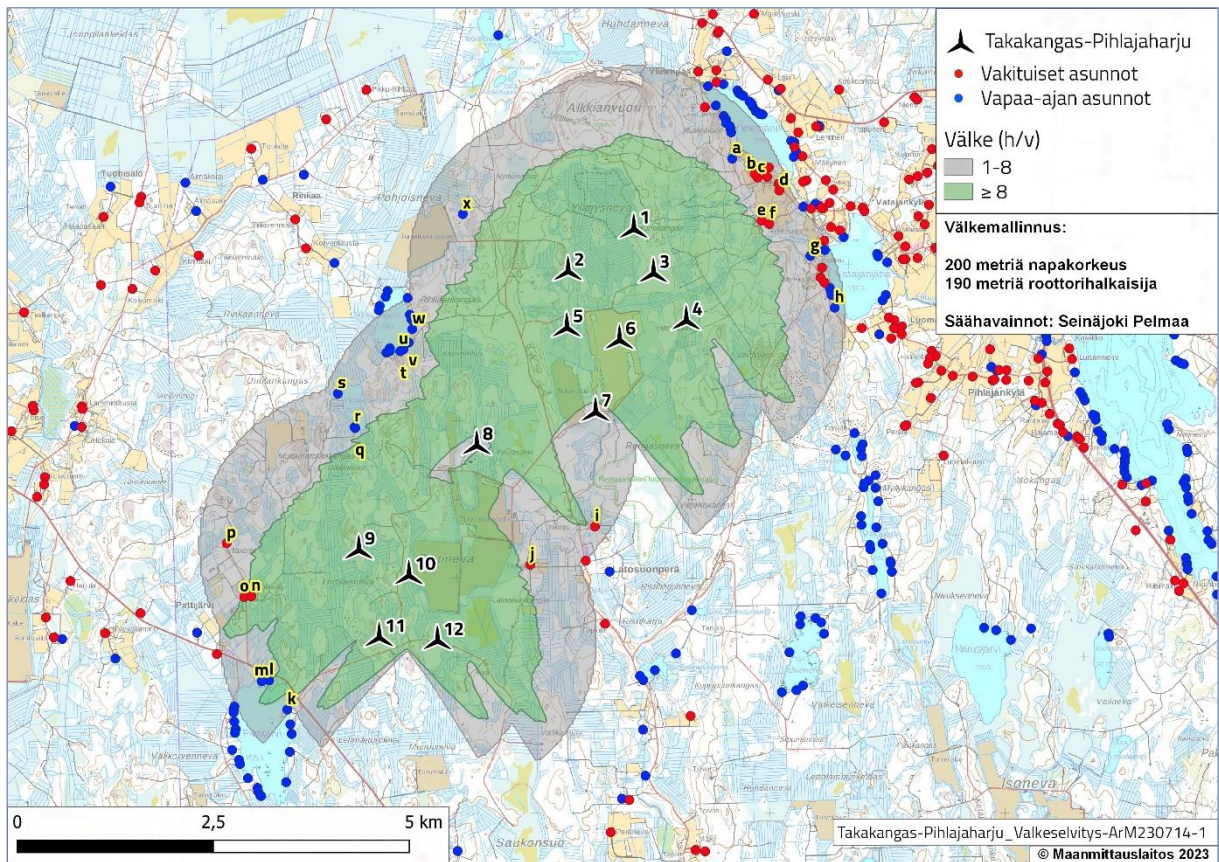
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	648
Pohjoiskoillinen	491
Itäkoillinen	407
Itä	418
Itäkaakko	485
Eteläkaakko	724
Etelä	866
Etelälounas	1155
Länsilounas	941
Länsi	689
Länsiluode	640
Pohjoisluode	571
<b>Summa</b>	<b>8035</b>



## 4 VÄLKEVAIKUTUKSET

### 4.1 TAKAKANGAS-PIHLAJAJARJUN 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 Takakangas-Pihlajajarjun alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-x) ja niiden väiketaset on esitetty taulukossa 5.

Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 2 havainnointipisteessä. Näissä kohteissa laskettu väikemäärä on 8:44 ja 13:39 h/v. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös useassa havainnointipisteessä.

Väikelaskennan tulokset on raportoitu 24 havainnointipisteen osalta taulukossa 5.

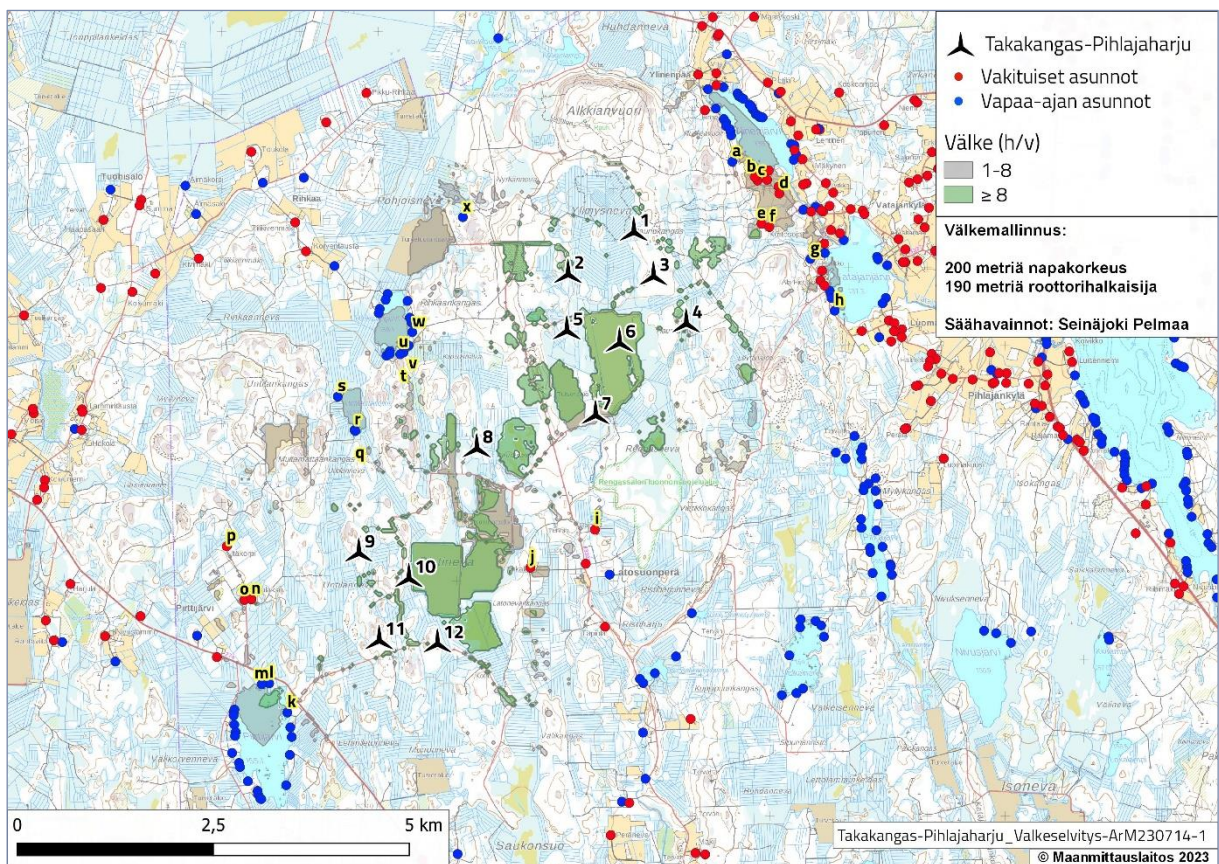
Taulukko 5. Varjoväkelaskennan tulokset, Takakangas-Pihlajajarju

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	286516	6898343	4:19	29:47	0:29	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	5:28	38:18	0:27	Osittain
c	Vakituinen asunto	286839	6898103	5:26	37:16	0:26	Osittain
d	Vakituinen asunto	287116	6897938	4:46	30:18	0:24	Osittain
e	Vakituinen asunto	286889	6897552	7:44	43:43	0:30	Osittain
f	Vakituinen asunto	286989	6897512	7:11	39:32	0:29	Osittain
g	Vapaa-ajan asunto	287511	6897104	3:36	18:48	0:26	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	287822	6896445	1:54	9:08	0:24	Osittain
i	Vakituinen asunto	284763	6893654	5:46	21:36	0:26	Ei
j	Vakituinen asunto	283939	6893170	5:24	29:33	0:30	Osittain
k	Vapaa-ajan asunto	280840	6891323	2:31	9:21	0:21	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	280609	6891695	7:27	27:43	0:31	Osittain
m	Vapaa-ajan asunto	280513	6891684	5:48	21:47	0:29	Ei
n	Vakituinen asunto	280381	6892767	13:39	54:44	0:32	Kyllä
o	Vakituinen asunto	280293	6892759	8:44	34:58	0:30	Kyllä
p	Vakituinen asunto	280067	6893442	2:43	12:17	0:27	Ei
q	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	7:31	63:09	0:55	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	7:23	62:23	0:56	Osittain
s	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	3:53	33:27	0:25	Osittain
t	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	2:27	16:38	0:30	Osittain
u	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	2:29	17:07	0:31	Osittain
v	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	4:26	26:00	0:30	Osittain
w	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	4:00	25:24	0:28	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	4:17	24:45	0:29	Ei

Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

## 4.2 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

Korkean puuston peittäessä tuulivoimalat, havainnointipisteeseen ei muodostu lainkaan varjovälkettä. Kasvillisuuden peittäessä tietyt tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee. Puuston korkeustiedot on poimittu metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (METLA, 2021). Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Takakangas-Pihlajajarjun alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-x) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Huomioitaessa kasvillisuuden suojaavan vaikutuksen väлкеaika on pienempi useassa havainnointipisteessä ja näistä 15 pisteeseen välkettä ei kohdistu lainkaan. Kahdeksan tunnin vuotuisen varjovälkkeen määrä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös useassa

havainnointipisteessä. Takakangas-Pihlajaharjun välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 7.

*Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, kun puuston vaikutus huomioidaan, Takakangas-Pihlajaharju*

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	286516	6898343	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	5:28	38:18	0:27	Osittain
c	Vakituinen asunto	286839	6898103	5:26	37:16	0:26	Osittain
d	Vakituinen asunto	287116	6897938	4:46	30:18	0:24	Osittain
e	Vakituinen asunto	286889	6897552	7:44	43:43	0:30	Osittain
f	Vakituinen asunto	286989	6897512	2:20	11:01	0:26	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	287511	6897104	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	287822	6896445	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	284763	6893654	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	283939	6893170	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	280840	6891323	0:00	0:00	0:00	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	280609	6891695	0:00	0:00	0:00	Ei
m	Vapaa-ajan asunto	280513	6891684	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	280381	6892767	11:36	45:43	0:32	Kyllä
o	Vakituinen asunto	280293	6892759	0:00	0:00	0:00	Ei
p	Vakituinen asunto	280067	6893442	2:43	12:17	0:27	Ei
q	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	0:00	0:00	0:00	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	0:00	0:00	0:00	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	1:56	24:08	0:25	Ei
t	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	0:00	0:00	0:00	Ei
u	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	0:00	0:00	0:00	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	2:00	8:49	0:23	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	0:00	0:00	0:00	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	0:00	0:00	0:00	Ei

*Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.*

### 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.

### 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.

### 4.5 VÄLKEVAIKUTUKSEN HALLINTASUUNNITELMA

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

Varjovälkemallinnuksien mukaan Takakangas-Pihlajaharjun alueella vertailuarvot ylitetään muutaman lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla. Välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan, jotta voidaan varmistaa, että välke pysyy alle suositusarvojen 8 h/v (todellinen tilanne), 30 h/y (teoreettinen tilanne) ja 30 min/pv (teoreettinen tilanne). Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää, esitetään alla olevassa taulukossa.

Välkkeenhallintajärjestelmää on käytetty mallinnuksessa seitsemään voimalaan (voimalat numero 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12).

Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaava vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä metsän hakkuun tapauksessa. Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että kaikki suositusarvot alitetaan.

*Taulukko 7. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Takakangas-Pihlajajarju*

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	286516	6898343	4:19	29:47	0:29	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	3:37	26:10	0:27	Ei
c	Vakituinen asunto	286839	6898103	4:16	29:44	0:26	Ei
d	Vakituinen asunto	287116	6897938	3:47	22:27	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	286889	6897552	2:35	12:13	0:27	Ei
f	Vakituinen asunto	286989	6897512	4:59	26:34	0:26	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	287511	6897104	3:36	18:48	0:26	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	287822	6896445	1:54	9:08	0:24	Ei
i	Vakituinen asunto	284763	6893654	5:46	21:36	0:26	Ei
j	Vakituinen asunto	283939	6893170	2:51	13:34	0:29	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	280840	6891323	2:31	9:21	0:21	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	280609	6891695	0:00	0:00	0:00	Ei
m	Vapaa-ajan asunto	280513	6891684	0:41	2:39	0:16	Ei
n	Vakituinen asunto	280381	6892767	5:49	24:19	0:26	Ei
o	Vakituinen asunto	280293	6892759	2:06	10:18	0:25	Ei
p	Vakituinen asunto	280067	6893442	2:43	12:17	0:27	Ei
q	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	1:39	18:05	0:26	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	1:37	16:23	0:24	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	1:53	23:31	0:24	Ei
t	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	2:08	14:30	0:29	Ei
u	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	1:38	11:06	0:24	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	2:00	8:49	0:23	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	3:32	21:50	0:25	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	4:17	24:45	0:29	Ei

## 5 LÄHTEET

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.

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

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

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

## LIITE 1. SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 8. Takakangas-Pihlajaharjun voimaloiden sijaintitiedot, 12 voimalaa*

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	285257	6897494	200/190/295
2	284419	6896955	200/190/295
3	285508	6896929	200/190/295
4	285926	6896326	200/190/295
5	284403	6896236	200/190/295
6	285075	6896079	200/190/295
7	284769	6895159	200/190/295
8	283254	6894735	200/190/295
9	281750	6893403	200/190/295
10	282389	6893079	200/190/295
11	282010	6892288	200/190/295
12	282753	6892247	200/190/295