

# **Hanhinevan tuulivoimahanke, Kyyjärvi ja Karstula**

LIITE 2: Välkeselvitys

**Päiväys**

**20.3.2024**

**Laatija**

**Etha Wind Oy**



ETHA WIND



# VÄLKESELVITYS

Hanhinevan Tuulipuisto

20.03.2024

## SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO .....	2
2	TAUSTA .....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät.....	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET .....	8
4.1	Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset .....	8
4.2	Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset .....	10
4.3	Yhteisvaikutusten Mallinnus.....	11
4.3.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset .....	11
4.3.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset .....	13
4.4	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	15
4.5	Haittojen ehkäiseminen käyttäen välkehallintajärjestelmää vaihtoehdossa VE1 .....	16
5	LÄHTEET .....	17
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma.....	18

## VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Elina Sippola, 2024-03-20	Arina Makarova, 2024-03-21	Arina Makarova, 2024-03-21	Hanhinevan tuulivoimapuiston välkeselvitys.

# 1 YHTEENVETO

## Tehtävä:

Välkeselvitys Hanhinevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereiset tuulivoimapuistot, suunnitteluvaiheessa oleva Kauniskangas ja tuotannossa oleva Korkeakangas.

## Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver4.0 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. Vaihtoehdossa VE1 (24 voimalaa) Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 6 vakituisen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen suositukset 30 h/v ja 30 min/pv ylittyvät myös usean lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla. Vaihtoehdossa VE2 (14 voimalaa) maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylittyy yhden asunnon kohdalla ja 30 min/pv ylittyy kolmen asunnon kohdalla.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control). Sijoitussuunnitelmassa VE1 suosittelemme välkkeenhallintajärjestelmän käyttöä voimaloille

numero 1, 3, 5, 8, 9, 12 ja 21. Laskenta, joissa välkehallintajärjestelmä on huomioitu, löytyy kappaleesta 4.5.

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

Vertailuarvo	VE1	VE2	VE1 ja naapuripuistot	VE2 ja naapuripuistot
> 10 h/v, todellinen tilanne	4	0	4	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	6	0	6	0
> 30 h/v, teoreettinen	8	1	8	1
> 30 min/pv teoreettinen	7	3	7	3

*Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, kun käytetään välkehallintajärjestelmää VE1:lle.*

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

## 2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Hanhinevan tuulivoimapuistolle Kyyjärven ja Karstulan kuntien alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 24 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 14 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

Naapuripuisto Kauniskangas (9 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 300 metriä. Naapuripuisto Korkeakangas (9 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 149 metriä ja napakorkeus on 155 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 230 metriä.

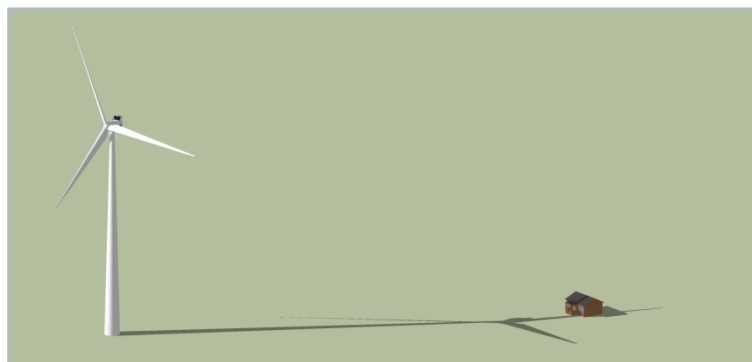
Välkeselvitys on tehty windPRO 4.0 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

### 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 väkelähteeseen.

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 ohjevoja. 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. 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. Maksimivaikutusten

arvioimiseksi Hanhinevan mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kymmenen 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 kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 3. Mallinuksessa käytetyt asetukset.*

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Seinäjoen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 4)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko5)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne
	8 h/v todellinen tilanne
	30 h/v teoreettinen tilanne
	30 min/pv teoreettinen tilanne

*Taulukko 4. Mallinuksessa 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
Keskiarvo	4,70

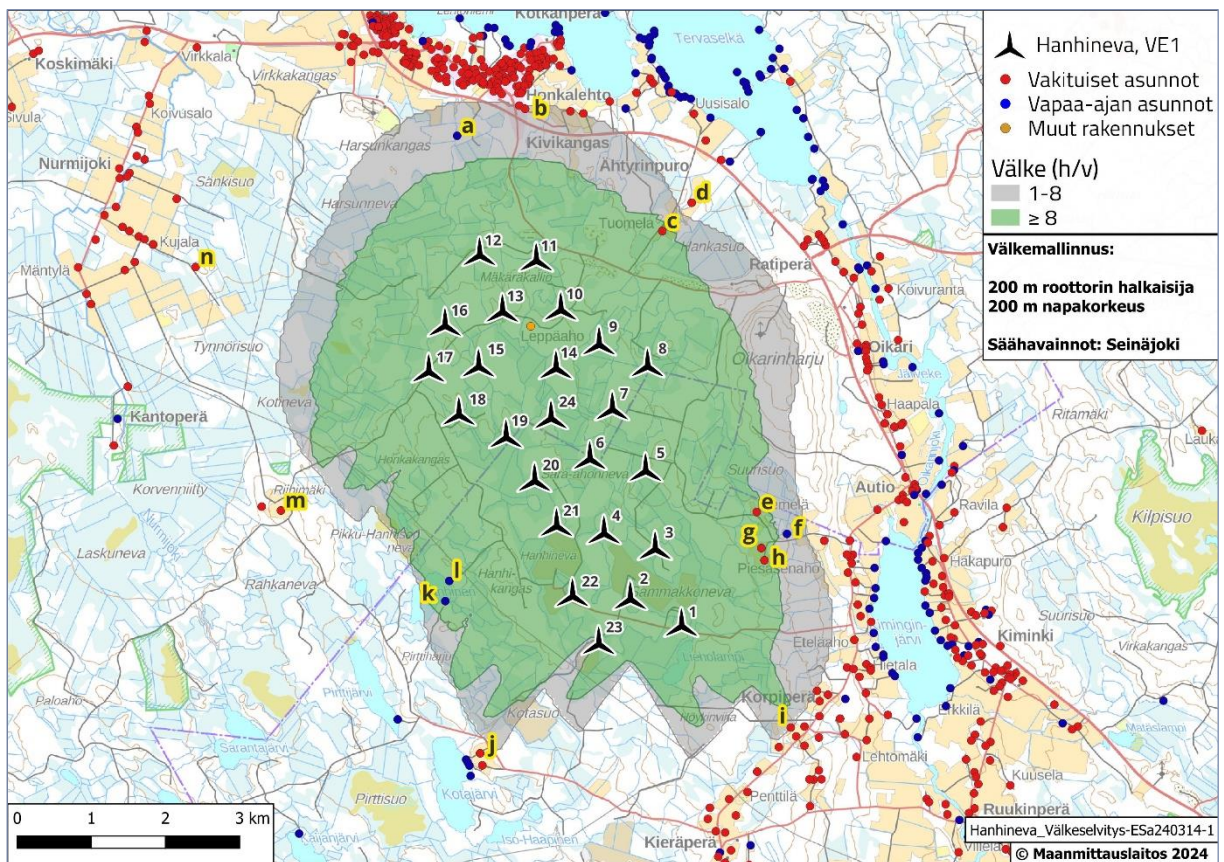
*Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika.*

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	498
Pohjoiskoillinen	401
Itäkoillinen	407
Itä	422
Itäkaakko	540
Eteläkaakko	704
Etelä	854
Etelälounas	1026
Länsilounas	941
Länsi	889
Länsiluode	735
Pohjoisluode	635
Summa	8052

## 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 Hanhinevan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-n) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kuudessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä.

Kuvaan on merkitty oranssilla Hanhinevan hankealueella sijaitseva muu rakennus. Rakennusta ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

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

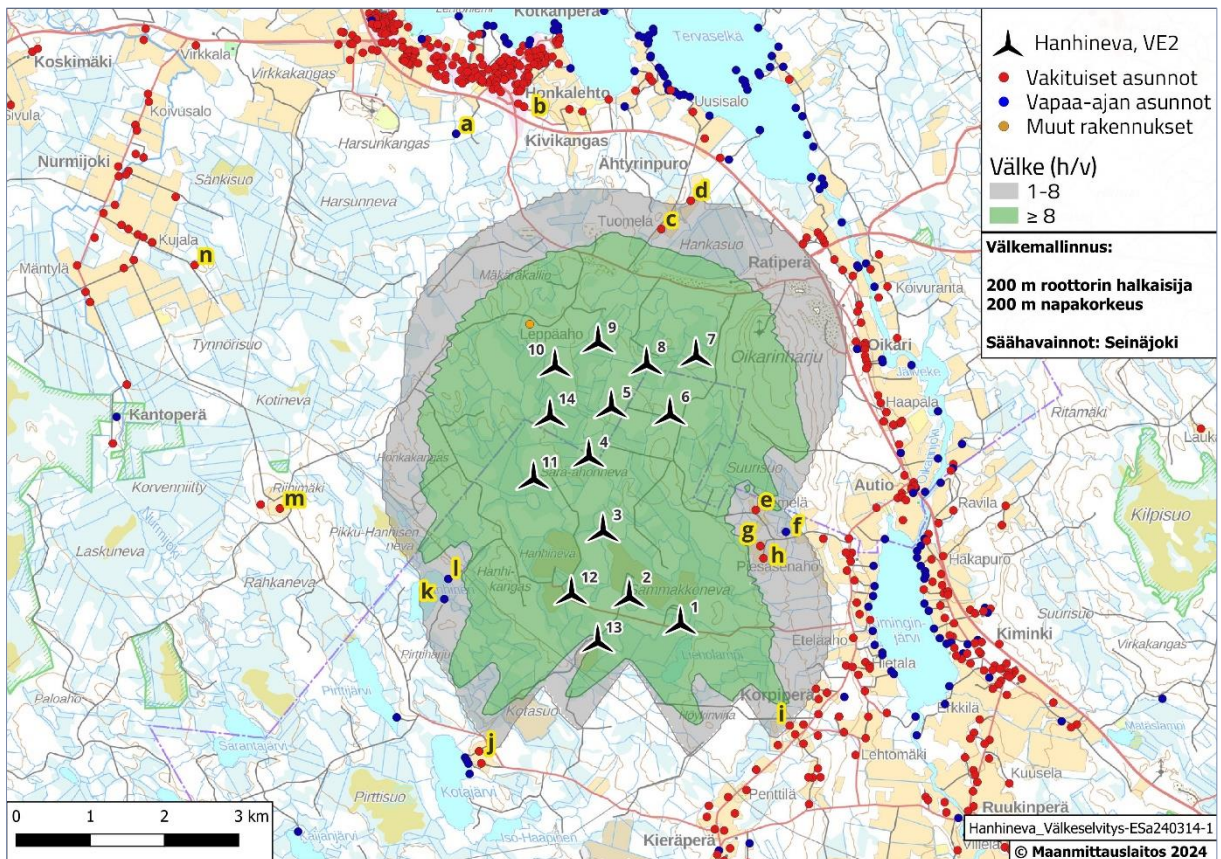
*Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Hanhineva VE1.*

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	377766	6991468	4:06	38:01	0:50	Osittain
b	Vakituinen asunto	378683	6991832	3:41	42:11	0:50	Osittain
c	Vakituinen asunto	380534	6990182	9:08	67:00	0:49	Kyllä
d	Vakituinen asunto	380931	6990565	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	381808	6986391	10:14	51:07	0:33	Kyllä
f	Vapaa-ajan asunto	382216	6986096	4:26	23:15	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	381870	6985904	14:50	68:01	0:33	Kyllä
h	Vakituinen asunto	381913	6985738	9:40	47:19	0:34	Kyllä
i	Vakituinen asunto	382268	6983481	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	378077	6983134	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	377607	6985188	11:12	42:56	0:28	Kyllä
l	Vapaa-ajan asunto	377660	6985460	12:00	46:29	0:30	Kyllä
m	Vakituinen asunto	375390	6986411	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	374238	6989696	0:00	0:00	0:00	Ei

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

## 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 Hanhinevan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-n) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kolmessa havainnointipisteessä.

Kuvaan on merkitty oranssilla Hanhinevan hankealueella sijaitseva muu rakennus. Rakennusta ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

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

*Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, Hanhineva VE2.*

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	377766	6991468	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	378683	6991832	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	380534	6990182	6:16	62:18	1:18	Osittain
d	Vakituinen asunto	380931	6990565	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	381808	6986391	5:19	28:11	0:27	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	382216	6986096	1:54	11:53	0:26	Ei
g	Vakituinen asunto	381870	6985904	4:59	28:56	0:33	Osittain
h	Vakituinen asunto	381913	6985738	5:28	29:36	0:34	Osittain
i	Vakituinen asunto	382268	6983481	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	378077	6983134	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	377607	6985188	3:10	13:19	0:28	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	377660	6985460	2:58	13:14	0:28	Ei
m	Vakituinen asunto	375390	6986411	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	374238	6989696	0:00	0:00	0:00	Ei

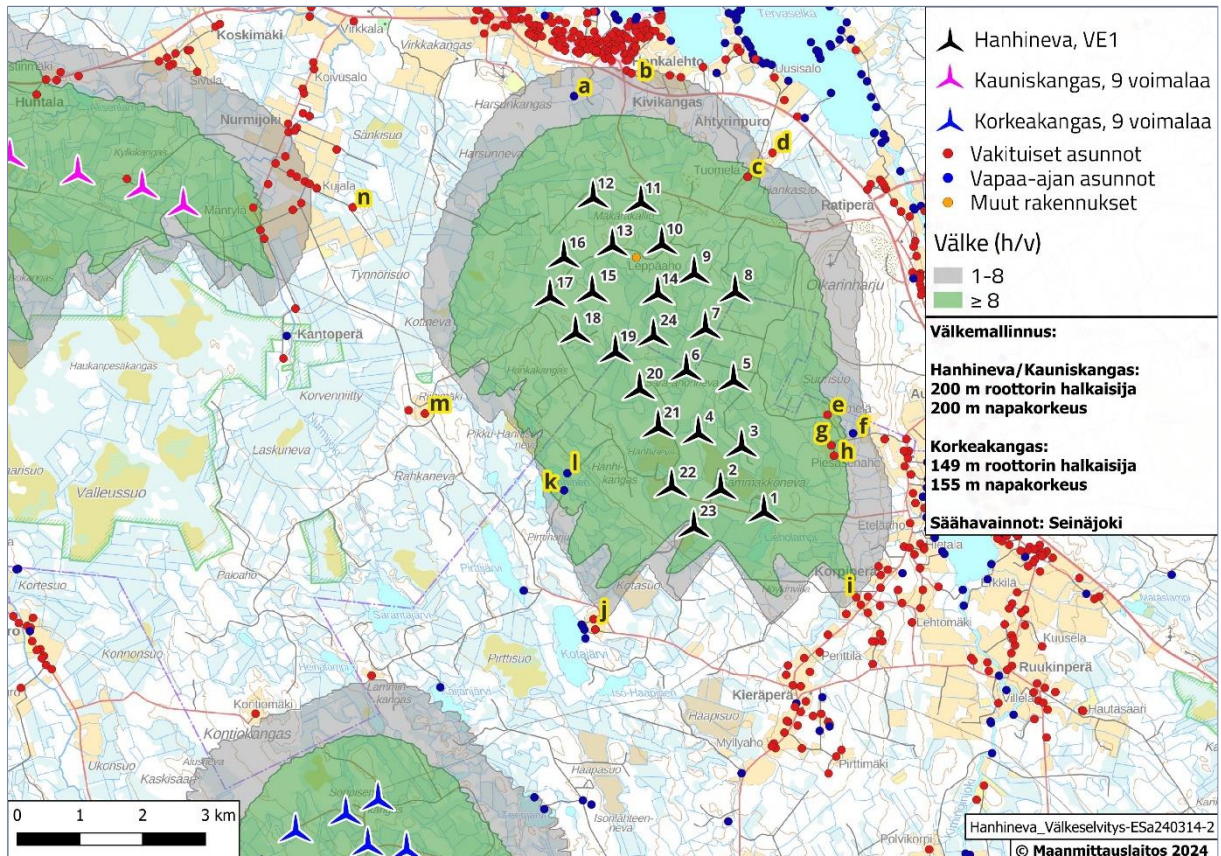
*Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.*

## 4.3 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

### 4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Hanhinevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Hanhinevan 24 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE1). Hanhinevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorinhalkaisija 200

metriä. Myös naapuripuisto Kauniskangas (9 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä. Korkeakangas (9 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 149 metriä ja napakorkeus 155 metriä. Naapurihankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Hanhinevan alueella (VE1), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-n) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kuudessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä.

Kuvaan on merkitty oranssilla Hanhinevan hankealueella sijaitseva muu rakennus. Rakennusta ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu 14 havainnointipisteen osalta taulukossa 8.

*Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset, Hanhineva (VE1)..*

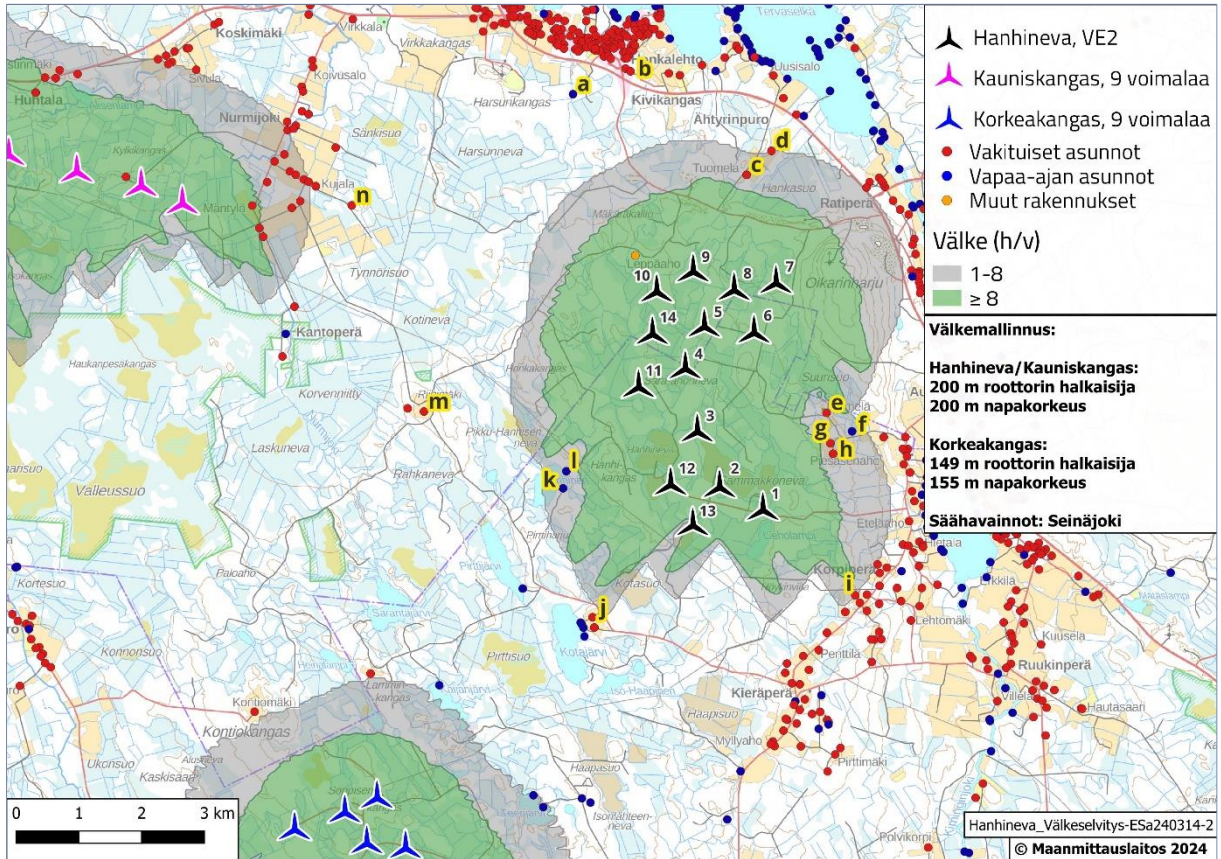
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	377766	6991468	4:06	38:01	0:50	Osittain
b	Vakituinen asunto	378683	6991832	3:41	42:11	0:50	Osittain
c	Vakituinen asunto	380534	6990182	9:07	67:00	0:49	Kyllä
d	Vakituinen asunto	380931	6990565	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	381808	6986391	10:13	51:07	0:33	Kyllä
f	Vapaa-ajan asunto	382216	6986096	4:25	23:15	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	381870	6985904	14:49	68:01	0:33	Kyllä
h	Vakituinen asunto	381913	6985738	9:40	47:19	0:34	Kyllä
i	Vakituinen asunto	382268	6983481	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	378077	6983134	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	377607	6985188	11:11	42:56	0:28	Kyllä
l	Vapaa-ajan asunto	377660	6985460	11:59	46:29	0:30	Kyllä
m	Vakituinen asunto	375390	6986411	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	374238	6989696	0:00	0:00	0:00	Ei

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

#### 4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Hanhinevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Hanhinevan 14 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Hanhinevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Myös naapuripuisto Kauniskangas (9 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä. Korkeakangas (9 voimalaa) on

mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 149 metriä ja napakorkeus 155 metriä. Naapurihankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Hanhinevan alueella (VE2), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-n) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kolmessa havainnointipisteessä.

Kuvaan on merkitty oranssilla Hanhinevan hankealueella sijaitseva muu rakennus. Rakennusta ei ole otettu huomioon mallinnuksen tuloksissa.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu 14 havainnointipisteen osalta taulukossa 9.



*Taulukko 9. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset, Hanhineva (VE2).*

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	377766	6991468	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	378683	6991832	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	380534	6990182	6:16	62:18	1:18	Osittain
d	Vakituinen asunto	380931	6990565	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	381808	6986391	5:19	28:11	0:27	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	382216	6986096	1:54	11:53	0:26	Ei
g	Vakituinen asunto	381870	6985904	4:59	28:56	0:33	Osittain
h	Vakituinen asunto	381913	6985738	5:28	29:36	0:34	Osittain
i	Vakituinen asunto	382268	6983481	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	378077	6983134	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	377607	6985188	3:10	13:19	0:28	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	377660	6985460	2:57	13:14	0:28	Ei
m	Vakituinen asunto	375390	6986411	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	374238	6989696	0:00	0:00	0:00	Ei

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

#### 4.4 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.

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, koetaan todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

## 4.5 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN KÄYTTÄEN VÄLKEHALLINTAJÄRJESTELMÄÄ VAIHTOEHDOSSESSA VE1

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).

Varjovälkemallinnuksen mukaan, vertailuarvot ylittyvät Hanhinevan alueella muutaman lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla vaihtoehdossa VE1. Siksi välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan varmistamaan, että välke pysyy alle suositusarvojen. Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää vaihtoehdon VE1 voimaloille numero 1, 3, 5, 8, 9, 12 ja 21, esitetään alla olevassa taulukossa. Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaavaa vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä metsän hakkuun tapauksessa. Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että kaikki maksimisuositusarvot alitetaan.

*Taulukko 10. Varjovälkelaskennan tulokset, kun käytössä on välkkeenhallintajärjestelmä, Hanhineva VE1.*

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	377766	6991468	1:38	12:42	0:25	Ei
b	Vakituinen asunto	378683	6991832	2:01	23:31	0:25	Ei
c	Vakituinen asunto	380534	6990182	4:49	25:12	0:28	Ei

d	Vakituinen asunto	380931	6990565	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	381808	6986391	1:53	15:19	0:27	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	382216	6986096	2:40	12:34	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	381870	6985904	2:01	10:12	0:25	Ei
h	Vakituinen asunto	381913	6985738	2:06	10:11	0:25	Ei
i	Vakituinen asunto	382268	6983481	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	378077	6983134	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	377607	6985188	3:10	13:19	0:28	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	377660	6985460	2:58	13:14	0:28	Ei
m	Vakituinen asunto	375390	6986411	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vakituinen asunto	374238	6989696	0:00	0:00	0:00	Ei

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

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

## LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 11. Hanhinevan voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (24 voimalaa).*

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	380791	6984907	200/200/300
2	380100	6985270	200/200/300
3	380435	6985945	200/200/300
4	379745	6986156	200/200/300
5	380306	6986999	200/200/300
6	379554	6987161	200/200/300
7	379857	6987829	200/200/300
8	380332	6988411	200/200/300
9	379679	6988706	200/200/300
10	379162	6989173	200/200/300
11	378831	6989838	200/200/300
12	378067	6989912	200/200/300
13	378375	6989147	200/200/300
14	379098	6988384	200/200/300
15	378053	6988407	200/200/300
16	377601	6988960	200/200/300
17	377381	6988338	200/200/300
18	377788	6987757	200/200/300
19	378424	6987452	200/200/300
20	378809	6986864	200/200/300
21	379105	6986256	200/200/300
22	379320	6985310	200/200/300
23	379674	6984663	200/200/300
24	379030	6987710	200/200/300

*Taulukko 12. Hanhinevan voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (14 voimalaa).*

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	380791	6984907	200/200/300
2	380100	6985270	200/200/300
3	379745	6986156	200/200/300
4	379554	6987161	200/200/300
5	379857	6987829	200/200/300
6	380649	6987732	200/200/300
7	381000	6988522	200/200/300

8	380332	6988411	200/200/300
9	379679	6988706	200/200/300
10	379098	6988384	200/200/300
11	378809	6986864	200/200/300
12	379320	6985310	200/200/300
13	379674	6984663	200/200/300
14	379030	6987710	200/200/300

*Taulukko 13. Kauniskankaan voimaloiden sijaintitiedot (9 voimalaa).*

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	366788	6988407	200/200/300
2	367686	6988744	200/200/300
3	368055	6989716	200/200/300
4	367319	6991304	200/200/300
5	367943	6990765	200/200/300
6	368770	6990488	200/200/300
7	369855	6990221	200/200/300
8	370881	6989994	200/200/300
9	371538	6989713	200/200/300

*Taulukko 14. Korkeakankaan voimaloiden sijaintitiedot (9 voimalaa).*

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	376233	6978103	155/149/230
2	375945	6978992	155/149/230
3	375094	6979521	155/149/230
4	374639	6980320	155/149/230
5	374125	6980090	155/149/230
6	374476	6979597	155/149/230
7	374764	6978433	155/149/230
8	374184	6978848	155/149/230
9	373325	6979817	155/149/230