



ETHA WIND



# VÄLKESELVITYS

Kirvesvuoren Tuulipuisto

1.3.2024

## SISÄLLYSLUETTELO

|       |                                                                |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1     | YHTEENVETO .....                                               | 2  |
| 2     | TAUSTA.....                                                    | 3  |
| 3     | VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....                              | 3  |
| 3.1   | Ohje- ja raja-arvot.....                                       | 4  |
| 3.2   | Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät .....                  | 5  |
| 4     | VÄLKEVAIKUTUKSET .....                                         | 7  |
| 4.1   | Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset .....                         | 7  |
| 4.2   | Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset .....                         | 10 |
| 4.3   | Yhteisvaikutusten Mallinnus.....                               | 12 |
| 4.3.1 | Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset .....                         | 12 |
| 4.3.2 | Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset .....                         | 15 |
| 4.4   | Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....                 | 17 |
| 4.5   | Haittojen ehkäiseminen käyttäen välkehallintajärjestelmä ..... | 18 |
| 5     | LÄHTEET .....                                                  | 22 |
|       | Liite 1: Sijoitussuunnitelma .....                             | 23 |

## VERSIONHISTORIA

| Versio,<br>Päivämäärä | Tekijä            | Tarkastettu           | Hyväksytty            | Tiivistelmä                                         |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| Ver 1,<br>2024-03-01  | Arina<br>Makarova | Christian<br>Granlund | Christian<br>Granlund | Kirvesvuoren<br>tuulivoimapuiston<br>välkeselvitys. |

# 1 YHTEENVETO

## Tehtävä:

Välkeselvitys Kirvesvuoren tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen suunnitteluvaiheessa oleva tuulipuisto Kämpäkangas.

## 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. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 26 vakituisen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla VE1:ssä ja 5 vakituisen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla VE2:ssä. Teoreettisen maksimitilanteen suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään myös usean lähellä sijaitsevan 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. Laskennat, joissa välkehallintajärjestelmä on huomioitu, löytyvät kappaleessa 4.5. Sijoitussuunnitelmassa VE1 suosittelemme välkkeenhallintajärjestelmän käyttöä kaikille suunnitelluille voimaloille paitsi voimaloille 4, 7, 11, 14 ja 16. Sijoitussuunnitelmassa VE2 suosittelemme välkkeenhallintajärjestelmän käyttöä kaikille suunnitelluille voimaloille paitsi voimaloille numero 3, 5, 6, 8 ja 10.

*Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä (mallinnus ilman puuston suojaavaa vaikutusta). Taulukko kertoo kuinka monessa asunnossa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.*

| Vertailuarvo                      | VE1 | VE2 |
|-----------------------------------|-----|-----|
| > 10 h/v, todellinen tilanne      | 14  | 0   |
| > 8 h/v, todellinen tilanne       | 26  | 5   |
| > 30 h/v, teoreettinen maksimi    | 29  | 8   |
| > 30 min/pv, teoreettinen maksimi | 23  | 6   |

*Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, käyttäen välkehallintajärjestelmää.*

| Vertailuarvo                      | VE1 | 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 Kirvesvuoren tuulivoimapuistolle Kyyjärven ja Perhon kuntien alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 20 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 13 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

Naapuripuisto Kämpäkangas (12 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 300 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 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

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. 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. 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 Kirvesvuoren mallinnoissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kymmenen metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Jyväskylän säähavaintoja. Jyväskylän havaintoasema sijaitsee noin 97 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 auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset.*

| Asetus                    | Kuvaus                                                          |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Auringonpaisteajat</b> | Jyväskylän 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>          | 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 4. 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 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika.*

| Tuulensuunta     | Toiminta-aika (h/v) |
|------------------|---------------------|
| Pohjoinen        | 530                 |
| Pohjoiskoillinen | 416                 |
| Itäkoillinen     | 383                 |

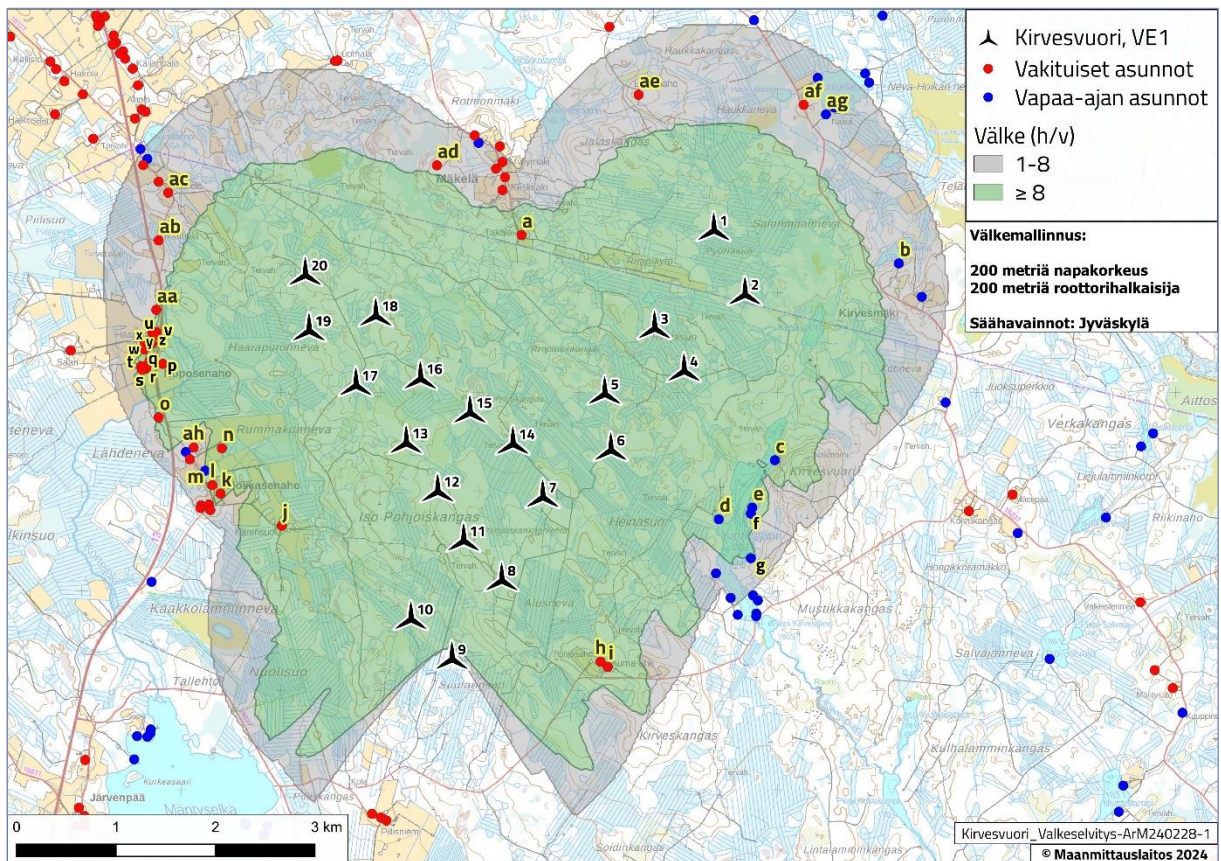


|              |             |
|--------------|-------------|
| Itä          | 443         |
| Itäkaakko    | 514         |
| Eteläkaakko  | 715         |
| Etelä        | 885         |
| Etelälounas  | 1078        |
| Länsilounas  | 956         |
| Länsi        | 848         |
| Länsiluode   | 694         |
| Pohjoisluode | 601         |
| <b>Summa</b> | <b>8063</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 Kirvesvuoren alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ah) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 5.*

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon väлкеestä ylitetään 26 havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös useassa havainnointipisteessä. Ylitykset ovat merkittäviä ja vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:06 – 10:57 tunnin verran 26 mainitussa havainnointipisteessä. Varjovälkettä esiintyy yli 10 h/v neljäntoista asunnon kohdalla.

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

*Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Kirvesvuori (VE1).*

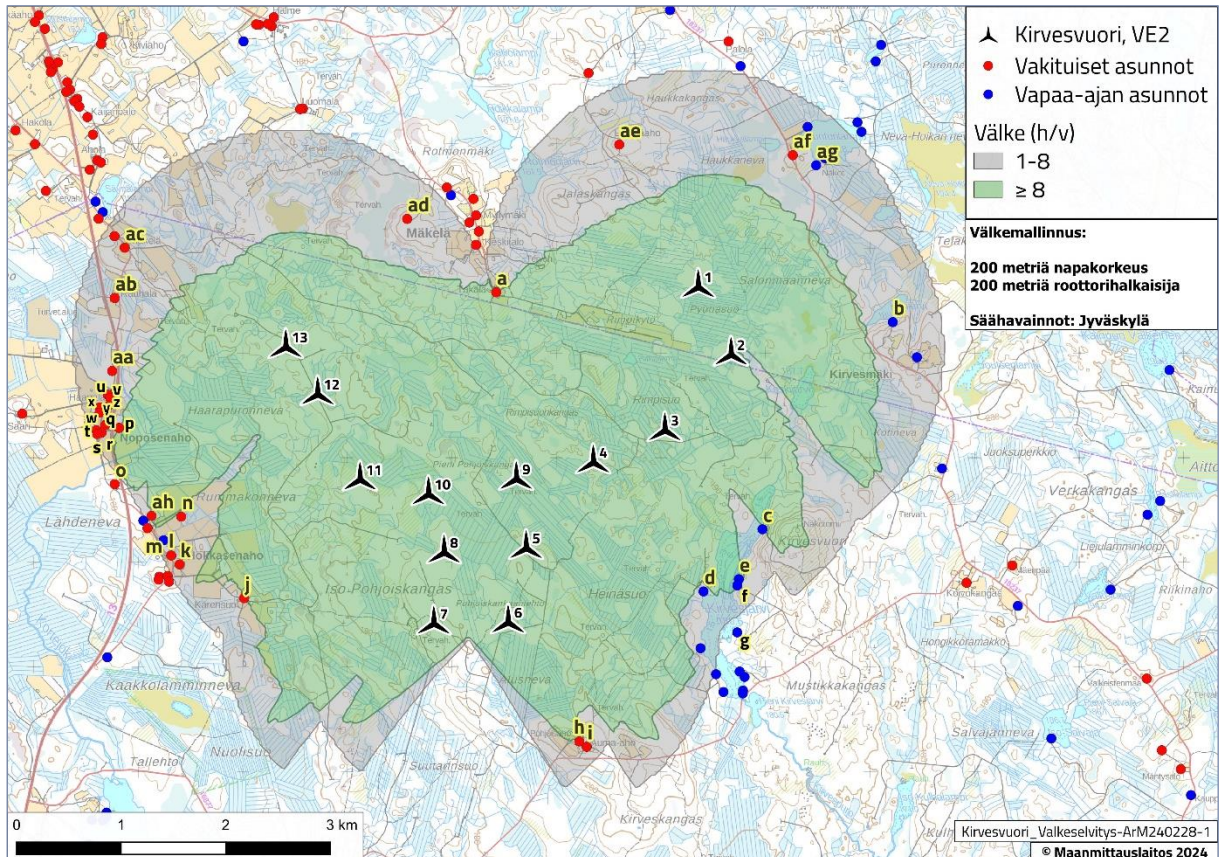
| Havainnointi piste | Asunnon luokka    | Itäinen koord. (ETRS TM35FIN) | Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN) | Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v) | Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v) | Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv) | Suositus-arvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| a                  | Vakituinen asunto | 379425                        | 7004580                         | 13:24                                       | 93:16                                         | 1:11                                           | Kyllä                 |
| b                  | Vapaa-ajan asunto | 383218                        | 7004295                         | 5:38                                        | 25:25                                         | 0:30                                           | Osittain              |
| c                  | Vapaa-ajan asunto | 381971                        | 7002315                         | 12:43                                       | 51:13                                         | 0:41                                           | Kyllä                 |
| d                  | Vapaa-ajan asunto | 381408                        | 7001721                         | 18:57                                       | 72:53                                         | 1:00                                           | Kyllä                 |
| e                  | Vapaa-ajan asunto | 381745                        | 7001838                         | 13:11                                       | 50:38                                         | 0:38                                           | Kyllä                 |
| f                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001778                         | 13:23                                       | 51:07                                         | 0:41                                           | Kyllä                 |
| g                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001330                         | 8:21                                        | 31:27                                         | 0:28                                           | Kyllä                 |
| h                  | Vakituinen asunto | 380220                        | 7000288                         | 17:22                                       | 69:27                                         | 0:43                                           | Kyllä                 |
| i                  | Vakituinen asunto | 380291                        | 7000236                         | 14:50                                       | 58:23                                         | 0:41                                           | Kyllä                 |
| j                  | Vakituinen asunto | 377015                        | 7001657                         | 18:20                                       | 76:46                                         | 0:34                                           | Kyllä                 |
| k                  | Vakituinen asunto | 376397                        | 7001979                         | 9:05                                        | 35:13                                         | 0:29                                           | Kyllä                 |
| l                  | Vakituinen asunto | 376317                        | 7002064                         | 10:43                                       | 41:07                                         | 0:29                                           | Kyllä                 |
| m                  | Vapaa-ajan asunto | 376244                        | 7002210                         | 8:23                                        | 31:00                                         | 0:29                                           | Kyllä                 |
| n                  | Vakituinen asunto | 376412                        | 7002435                         | 13:01                                       | 50:02                                         | 0:33                                           | Kyllä                 |
| o                  | Vakituinen asunto | 375776                        | 7002746                         | 10:44                                       | 40:58                                         | 0:29                                           | Kyllä                 |

|    |                   |        |         |       |       |      |          |
|----|-------------------|--------|---------|-------|-------|------|----------|
| p  | Vakituinen asunto | 375818 | 7003284 | 16:11 | 63:53 | 0:32 | Kyllä    |
| q  | Vakituinen asunto | 375684 | 7003310 | 10:39 | 41:19 | 0:30 | Kyllä    |
| r  | Vakituinen asunto | 375650 | 7003237 | 10:52 | 42:02 | 0:29 | Kyllä    |
| s  | Vakituinen asunto | 375610 | 7003226 | 9:41  | 37:35 | 0:28 | Kyllä    |
| t  | Vakituinen asunto | 375601 | 7003261 | 9:08  | 35:33 | 0:28 | Kyllä    |
| u  | Vakituinen asunto | 375711 | 7003599 | 8:55  | 35:57 | 0:30 | Kyllä    |
| v  | Vakituinen asunto | 375756 | 7003603 | 9:39  | 38:43 | 0:31 | Kyllä    |
| w  | Vakituinen asunto | 375632 | 7003429 | 8:41  | 34:11 | 0:29 | Kyllä    |
| x  | Vakituinen asunto | 375635 | 7003480 | 8:28  | 33:37 | 0:28 | Kyllä    |
| y  | Vakituinen asunto | 375709 | 7003487 | 9:37  | 37:52 | 0:30 | Kyllä    |
| z  | Vakituinen asunto | 375733 | 7003569 | 9:31  | 38:00 | 0:31 | Kyllä    |
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 8:06  | 34:57 | 0:31 | Kyllä    |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 5:38  | 27:55 | 0:31 | Osittain |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 4:27  | 25:20 | 0:30 | Osittain |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 4:37  | 37:39 | 0:31 | Osittain |
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 2:40  | 21:12 | 0:32 | Osittain |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 4:33  | 39:39 | 0:34 | Osittain |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 4:10  | 33:01 | 0:30 | Osittain |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 06:00 | 23:04 | 0:28 | 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 Kirvesvuoren alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ah) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 5 havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä ja myös teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kuudessa havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:09 – 1:57 tunnin verran 5 mainitussa havainnointipisteessä.

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

Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset, Kirvesvuori (VE2).

| Havainnointi<br>piste | Asunnon<br>luokka    | Itäinen<br>koord. (ETRS<br>TM35FIN) | Pohjoinen<br>koord. (ETRS<br>TM35FIN) | Vilkkumisen<br>määrä<br>(todellinen<br>tilanne, h/v) | Vilkkumisen<br>määrä<br>(teoreettinen<br>maksimi, h/v) | Vilkkumisen<br>määrä<br>(teoreettinen<br>maksimi, h/pv) | Suositus-<br>arvon<br>ylitys |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|
| a                     | Vakituinen<br>asunto | 379425                              | 7004580                               | 9:57                                                 | 80:31                                                  | 1:06                                                    | Kyllä                        |
| b                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 383218                              | 7004295                               | 5:38                                                 | 25:25                                                  | 0:30                                                    | Osittain                     |
| c                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 381971                              | 7002315                               | 7:13                                                 | 28:28                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |
| d                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 381408                              | 7001721                               | 6:51                                                 | 29:29                                                  | 0:27                                                    | Ei                           |
| e                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 381745                              | 7001838                               | 8:09                                                 | 30:46                                                  | 0:28                                                    | Kyllä                        |
| f                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 381730                              | 7001778                               | 7:32                                                 | 28:36                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |
| g                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 381730                              | 7001330                               | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| h                     | Vakituinen<br>asunto | 380220                              | 7000288                               | 8:10                                                 | 30:51                                                  | 0:28                                                    | Kyllä                        |
| i                     | Vakituinen<br>asunto | 380291                              | 7000236                               | 7:34                                                 | 28:34                                                  | 0:27                                                    | Ei                           |
| j                     | Vakituinen<br>asunto | 377015                              | 7001657                               | 5:09                                                 | 22:33                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |
| k                     | Vakituinen<br>asunto | 376397                              | 7001979                               | 4:27                                                 | 16:39                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |
| l                     | Vakituinen<br>asunto | 376317                              | 7002064                               | 3:36                                                 | 13:57                                                  | 0:25                                                    | Ei                           |
| m                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 376244                              | 7002210                               | 2:58                                                 | 12:08                                                  | 0:25                                                    | Ei                           |
| n                     | Vakituinen<br>asunto | 376412                              | 7002435                               | 7:08                                                 | 28:22                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |
| o                     | Vakituinen<br>asunto | 375776                              | 7002746                               | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| p                     | Vakituinen<br>asunto | 375818                              | 7003284                               | 8:17                                                 | 32:10                                                  | 0:28                                                    | Kyllä                        |
| q                     | Vakituinen<br>asunto | 375684                              | 7003310                               | 4:11                                                 | 15:54                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |
| r                     | Vakituinen<br>asunto | 375650                              | 7003237                               | 4:07                                                 | 15:30                                                  | 0:25                                                    | Ei                           |
| s                     | Vakituinen<br>asunto | 375610                              | 7003226                               | 3:53                                                 | 14:39                                                  | 0:25                                                    | Ei                           |
| t                     | Vakituinen<br>asunto | 375601                              | 7003261                               | 3:45                                                 | 14:17                                                  | 0:25                                                    | Ei                           |
| u                     | Vakituinen<br>asunto | 375711                              | 7003599                               | 5:46                                                 | 24:22                                                  | 0:27                                                    | Ei                           |
| v                     | Vakituinen<br>asunto | 375756                              | 7003603                               | 6:08                                                 | 25:49                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |
| w                     | Vakituinen<br>asunto | 375632                              | 7003429                               | 3:32                                                 | 14:03                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |
| x                     | Vakituinen<br>asunto | 375635                              | 7003480                               | 3:26                                                 | 13:51                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |
| y                     | Vakituinen<br>asunto | 375709                              | 7003487                               | 6:08                                                 | 25:10                                                  | 0:27                                                    | Ei                           |
| z                     | Vakituinen<br>asunto | 375733                              | 7003569                               | 6:04                                                 | 25:22                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |

|    |                   |        |         |      |       |      |          |
|----|-------------------|--------|---------|------|-------|------|----------|
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 5:36 | 24:17 | 0:29 | Ei       |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 2:37 | 12:30 | 0:28 | Ei       |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 2:06 | 11:29 | 0:26 | Ei       |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 3:56 | 31:48 | 0:35 | Osittain |
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 2:40 | 21:12 | 0:32 | Osittain |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 4:33 | 39:39 | 0:34 | Osittain |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 4:10 | 33:01 | 0:30 | Osittain |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 9:31 | 36:31 | 0:26 | Kyllä    |

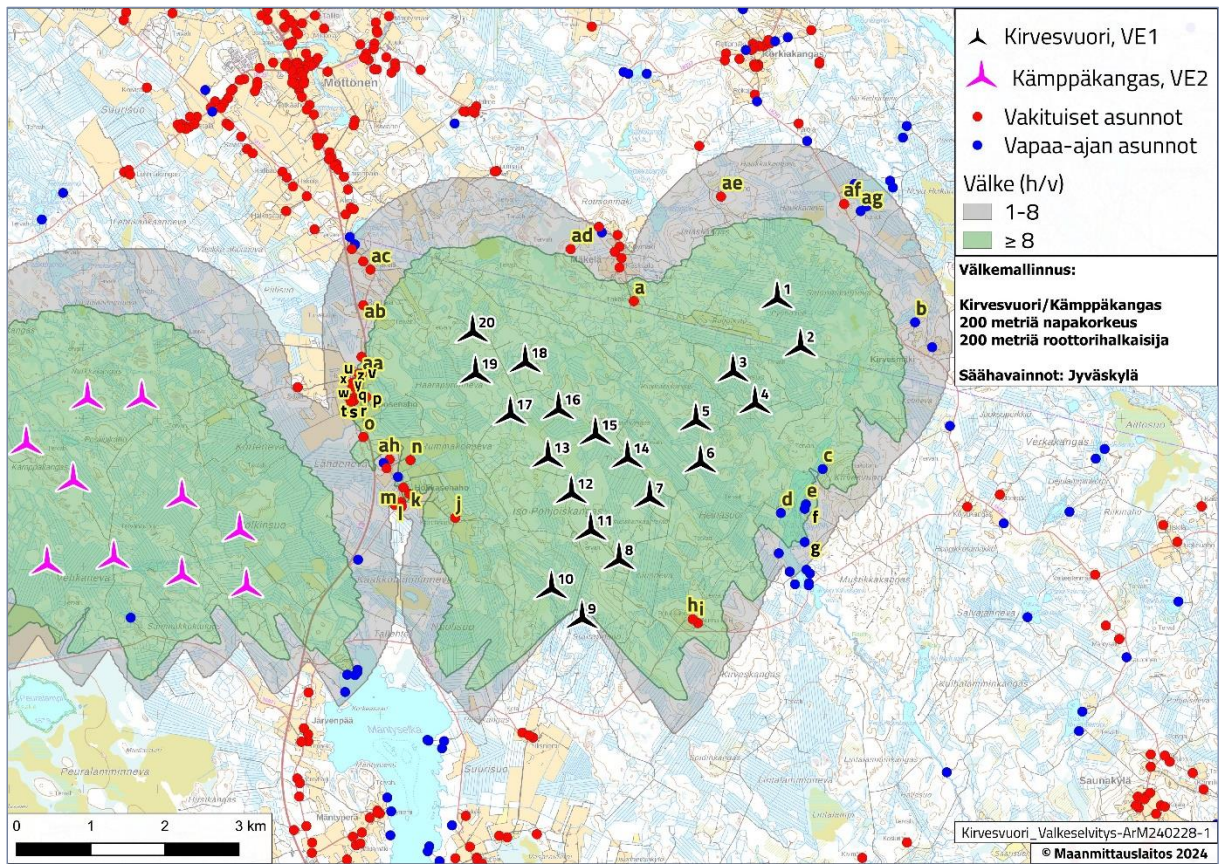
Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

## 4.3 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

### 4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Kirvesvuoren ja naapuripuiston yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Kirvesvuoren 20 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE1). Kirvesvuoren mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Myös naapuripuisto Kämpäkangas (12 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä.





Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Kirvesvuoren alueella (VE1), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ah) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon väлкеestä ylitetään 26 havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään myös useassa havainnointipisteessä. Ylitykset ovat merkittäviä ja vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:05 – 10:57 tunnin verran 26 mainitussa havainnointipisteessä. Varjovälkettä esiintyy yli 10 h/v neljäntoista asunnon kohdalla.

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

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset, Kirvesvuori (VE1).

| Havainnointi piste | Asunnon luokka    | Itäinen koord. (ETRS TM35FIN) | Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN) | Vilkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v) | Vilkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v) | Vilkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv) | Suositus-arvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| a                  | Vakituinen asunto | 379425                        | 7004580                         | 13:24                                      | 93:16                                        | 1:11                                          | Kyllä                 |

|    |                   |        |         |       |       |      |          |
|----|-------------------|--------|---------|-------|-------|------|----------|
| b  | Vapaa-ajan asunto | 383218 | 7004295 | 5:37  | 25:25 | 0:30 | Osittain |
| c  | Vapaa-ajan asunto | 381971 | 7002315 | 12:42 | 51:13 | 0:41 | Kyllä    |
| d  | Vapaa-ajan asunto | 381408 | 7001721 | 18:57 | 72:53 | 1:00 | Kyllä    |
| e  | Vapaa-ajan asunto | 381745 | 7001838 | 13:11 | 50:38 | 0:38 | Kyllä    |
| f  | Vapaa-ajan asunto | 381730 | 7001778 | 13:23 | 51:07 | 0:41 | Kyllä    |
| g  | Vapaa-ajan asunto | 381730 | 7001330 | 8:21  | 31:27 | 0:28 | Kyllä    |
| h  | Vakituinen asunto | 380220 | 7000288 | 17:22 | 69:27 | 0:43 | Kyllä    |
| i  | Vakituinen asunto | 380291 | 7000236 | 14:50 | 58:23 | 0:41 | Kyllä    |
| j  | Vakituinen asunto | 377015 | 7001657 | 18:20 | 76:46 | 0:34 | Kyllä    |
| k  | Vakituinen asunto | 376397 | 7001979 | 9:05  | 35:13 | 0:29 | Kyllä    |
| l  | Vakituinen asunto | 376317 | 7002064 | 10:43 | 41:07 | 0:29 | Kyllä    |
| m  | Vapaa-ajan asunto | 376244 | 7002210 | 8:23  | 31:00 | 0:29 | Kyllä    |
| n  | Vakituinen asunto | 376412 | 7002435 | 13:01 | 50:02 | 0:33 | Kyllä    |
| o  | Vakituinen asunto | 375776 | 7002746 | 10:44 | 40:58 | 0:29 | Kyllä    |
| p  | Vakituinen asunto | 375818 | 7003284 | 16:11 | 63:53 | 0:32 | Kyllä    |
| q  | Vakituinen asunto | 375684 | 7003310 | 10:39 | 41:19 | 0:30 | Kyllä    |
| r  | Vakituinen asunto | 375650 | 7003237 | 10:52 | 42:02 | 0:29 | Kyllä    |
| s  | Vakituinen asunto | 375610 | 7003226 | 9:41  | 37:35 | 0:28 | Kyllä    |
| t  | Vakituinen asunto | 375601 | 7003261 | 9:08  | 35:33 | 0:28 | Kyllä    |
| u  | Vakituinen asunto | 375711 | 7003599 | 8:55  | 35:57 | 0:30 | Kyllä    |
| v  | Vakituinen asunto | 375756 | 7003603 | 9:39  | 38:43 | 0:31 | Kyllä    |
| w  | Vakituinen asunto | 375632 | 7003429 | 8:40  | 34:11 | 0:29 | Kyllä    |
| x  | Vakituinen asunto | 375635 | 7003480 | 8:28  | 33:37 | 0:28 | Kyllä    |
| y  | Vakituinen asunto | 375709 | 7003487 | 9:36  | 37:52 | 0:30 | Kyllä    |
| z  | Vakituinen asunto | 375733 | 7003569 | 9:31  | 38:00 | 0:31 | Kyllä    |
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 8:05  | 34:57 | 0:31 | Kyllä    |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 5:38  | 27:55 | 0:31 | Osittain |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 4:27  | 25:20 | 0:30 | Osittain |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 4:37  | 37:39 | 0:31 | Osittain |

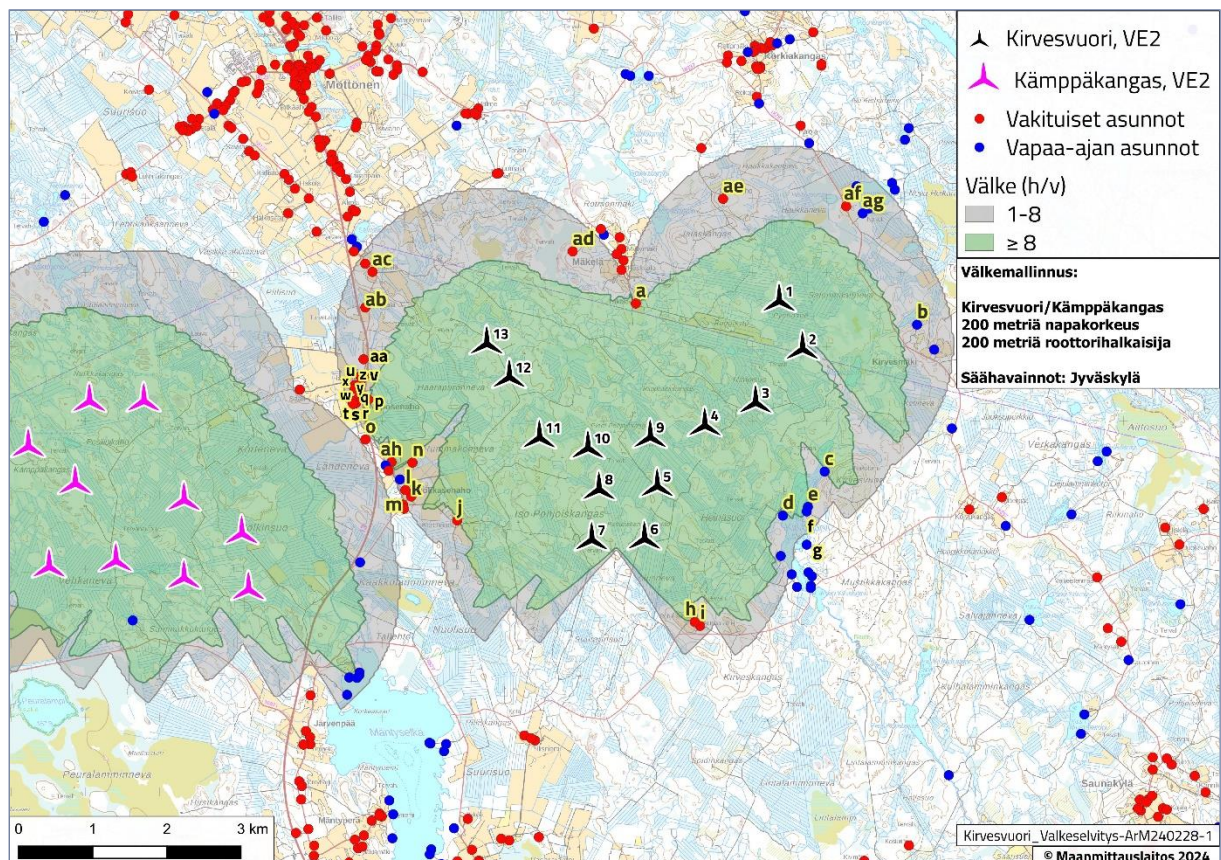


|    |                   |        |         |       |       |      |          |
|----|-------------------|--------|---------|-------|-------|------|----------|
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 2:40  | 21:12 | 0:32 | Osittain |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 4:33  | 39:39 | 0:34 | Osittain |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 4:10  | 33:01 | 0:30 | Osittain |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 06:00 | 23:04 | 0:28 | Ei       |

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

#### 4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Kirvesvuoren ja naapuripuiston yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Kirvesvuoren 13 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Kirvesvuoren mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Myös naapuripuisto Kämpäkangas (12 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 200 metriä ja napakorkeus on 200 metriä.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Kirvesvuoren alueella (VE2), naapuripuisto huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ah) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 5 havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään yhdeksässä havainnointipisteessä ja myös teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:08 – 1:57 tunnin verran 5 mainitussa havainnointipisteessä.

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

*Taulukko 9. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset, Kirvesvuori (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) | Suositus-arvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| a                  | Vakituinen asunto | 379425                        | 7004580                         | 9:57                                        | 80:31                                         | 1:06                                           | Kyllä                 |
| b                  | Vapaa-ajan asunto | 383218                        | 7004295                         | 5:37                                        | 25:25                                         | 0:30                                           | Osittain              |
| c                  | Vapaa-ajan asunto | 381971                        | 7002315                         | 7:12                                        | 28:28                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| d                  | Vapaa-ajan asunto | 381408                        | 7001721                         | 6:50                                        | 29:29                                         | 0:27                                           | Ei                    |
| e                  | Vapaa-ajan asunto | 381745                        | 7001838                         | 8:08                                        | 30:46                                         | 0:28                                           | Kyllä                 |
| f                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001778                         | 7:31                                        | 28:36                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| g                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001330                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| h                  | Vakituinen asunto | 380220                        | 7000288                         | 8:10                                        | 30:51                                         | 0:28                                           | Kyllä                 |
| i                  | Vakituinen asunto | 380291                        | 7000236                         | 7:34                                        | 28:34                                         | 0:27                                           | Ei                    |
| j                  | Vakituinen asunto | 377015                        | 7001657                         | 5:09                                        | 22:33                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| k                  | Vakituinen asunto | 376397                        | 7001979                         | 4:26                                        | 16:39                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| l                  | Vakituinen asunto | 376317                        | 7002064                         | 3:36                                        | 13:57                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| m                  | Vapaa-ajan asunto | 376244                        | 7002210                         | 2:58                                        | 12:08                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| n                  | Vakituinen asunto | 376412                        | 7002435                         | 7:07                                        | 28:22                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| o                  | Vakituinen asunto | 375776                        | 7002746                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| p                  | Vakituinen asunto | 375818                        | 7003284                         | 8:16                                        | 32:10                                         | 0:28                                           | Kyllä                 |
| q                  | Vakituinen asunto | 375684                        | 7003310                         | 4:11                                        | 15:54                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| r                  | Vakituinen asunto | 375650                        | 7003237                         | 4:07                                        | 15:30                                         | 0:25                                           | Ei                    |

|    |                   |        |         |      |       |      |          |
|----|-------------------|--------|---------|------|-------|------|----------|
| s  | Vakituinen asunto | 375610 | 7003226 | 3:53 | 14:39 | 0:25 | Ei       |
| t  | Vakituinen asunto | 375601 | 7003261 | 3:45 | 14:17 | 0:25 | Ei       |
| u  | Vakituinen asunto | 375711 | 7003599 | 5:45 | 24:22 | 0:27 | Ei       |
| v  | Vakituinen asunto | 375756 | 7003603 | 6:07 | 25:49 | 0:28 | Ei       |
| w  | Vakituinen asunto | 375632 | 7003429 | 3:32 | 14:03 | 0:26 | Ei       |
| x  | Vakituinen asunto | 375635 | 7003480 | 3:26 | 13:51 | 0:26 | Ei       |
| y  | Vakituinen asunto | 375709 | 7003487 | 6:07 | 25:10 | 0:27 | Ei       |
| z  | Vakituinen asunto | 375733 | 7003569 | 6:03 | 25:22 | 0:28 | Ei       |
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 5:35 | 24:17 | 0:29 | Ei       |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 2:36 | 12:30 | 0:28 | Ei       |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 2:06 | 11:29 | 0:26 | Ei       |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 3:56 | 31:48 | 0:35 | Osittain |
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 2:40 | 21:12 | 0:32 | Osittain |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 4:33 | 39:39 | 0:34 | Osittain |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 4:10 | 33:01 | 0:30 | Osittain |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 9:31 | 36:31 | 0:26 | Kyllä    |

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.

Yhteisvaikutusten mallinnuksessa (luku 4.3) 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.

## 4.5 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN KÄYTTÄEN VÄLKEHALLINTAJÄRJESTELMÄÄ

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

Varjovälkemallinnuksen mukaan, Kirvesvuoren alueella vertailuarvot ylitetään muutamassa lähellä sijaitsevien asuntojen kohdissa. Siksi välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan varmistamaan, että välkettä pysyy alle suositusarvojen. Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää kaikille voimaloille paitsi voimaloille numero 4, 7, 11, 14 ja 16 VE1:lle ja kaikille voimaloille paitsi voimaloille numero 3, 5, 6, 8 ja 10 VE2:lle esitetään alla olevassa taulukossa. Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaava vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä metsän hakkuun tapauksessa. Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että kaikki maksimisuositusarvot alitetaan.

*Taulukko 10. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, yhteisvaikutukset, Kirvesvuori (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                  | Vakituinen asunto | 379425                        | 7004580                         | 4:24                                        | 26:28                                         | 0:29                                           | Ei                   |
| b                  | Vapaa-ajan asunto | 383218                        | 7004295                         | 2:31                                        | 10:59                                         | 0:25                                           | Ei                   |
| c                  | Vapaa-ajan asunto | 381971                        | 7002315                         | 6:56                                        | 28:26                                         | 0:28                                           | Ei                   |
| d                  | Vapaa-ajan asunto | 381408                        | 7001721                         | 6:06                                        | 24:44                                         | 0:27                                           | Ei                   |
| e                  | Vapaa-ajan asunto | 381745                        | 7001838                         | 7:44                                        | 29:06                                         | 0:27                                           | Ei                   |
| f                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001778                         | 7:31                                        | 28:26                                         | 0:27                                           | Ei                   |
| g                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001330                         | 5:35                                        | 21:03                                         | 0:18                                           | Ei                   |
| h                  | Vakituinen asunto | 380220                        | 7000288                         | 7:31                                        | 28:37                                         | 0:28                                           | Ei                   |
| i                  | Vakituinen asunto | 380291                        | 7000236                         | 7:04                                        | 26:52                                         | 0:26                                           | Ei                   |

|    |                   |        |         |      |       |      |    |
|----|-------------------|--------|---------|------|-------|------|----|
| j  | Vakituinen asunto | 377015 | 7001657 | 2:29 | 11:08 | 0:25 | Ei |
| k  | Vakituinen asunto | 376397 | 7001979 | 0:42 | 2:40  | 0:05 | Ei |
| l  | Vakituinen asunto | 376317 | 7002064 | 6:03 | 23:14 | 0:19 | Ei |
| m  | Vapaa-ajan asunto | 376244 | 7002210 | 5:58 | 22:07 | 0:17 | Ei |
| n  | Vakituinen asunto | 376412 | 7002435 | 2:36 | 11:14 | 0:25 | Ei |
| o  | Vakituinen asunto | 375776 | 7002746 | 2:26 | 10:17 | 0:24 | Ei |
| p  | Vakituinen asunto | 375818 | 7003284 | 2:06 | 9:38  | 0:24 | Ei |
| q  | Vakituinen asunto | 375684 | 7003310 | 4:00 | 15:18 | 0:22 | Ei |
| r  | Vakituinen asunto | 375650 | 7003237 | 1:35 | 6:00  | 0:18 | Ei |
| s  | Vakituinen asunto | 375610 | 7003226 | 1:54 | 7:11  | 0:19 | Ei |
| t  | Vakituinen asunto | 375601 | 7003261 | 3:08 | 11:56 | 0:22 | Ei |
| u  | Vakituinen asunto | 375711 | 7003599 | 2:37 | 11:17 | 0:26 | Ei |
| v  | Vakituinen asunto | 375756 | 7003603 | 2:33 | 11:02 | 0:26 | Ei |
| w  | Vakituinen asunto | 375632 | 7003429 | 3:58 | 15:13 | 0:18 | Ei |
| x  | Vakituinen asunto | 375635 | 7003480 | 1:54 | 7:16  | 0:10 | Ei |
| y  | Vakituinen asunto | 375709 | 7003487 | 3:03 | 11:25 | 0:18 | Ei |
| z  | Vakituinen asunto | 375733 | 7003569 | 2:34 | 10:43 | 0:20 | Ei |
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 0:00 | 0:00  | 0:00 | Ei |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 2:15 | 12:06 | 0:27 | Ei |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 1:41 | 10:52 | 0:25 | Ei |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 2:09 | 13:24 | 0:29 | Ei |
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 0:00 | 0:00  | 0:00 | Ei |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 1:46 | 19:32 | 0:26 | Ei |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 1:38 | 16:28 | 0:26 | Ei |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 4:29 | 17:19 | 0:26 | Ei |

*Taulukko 11. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, yhteisvaikutukset, Kirvesvuori (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) | Suositus-arvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| a                  | Vakituinen asunto | 379425                        | 7004580                         | 3:18                                        | 27:34                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| b                  | Vapaa-ajan asunto | 383218                        | 7004295                         | 2:31                                        | 10:59                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| c                  | Vapaa-ajan asunto | 381971                        | 7002315                         | 7:12                                        | 28:28                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| d                  | Vapaa-ajan asunto | 381408                        | 7001721                         | 6:50                                        | 29:29                                         | 0:27                                           | Ei                    |
| e                  | Vapaa-ajan asunto | 381745                        | 7001838                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| f                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001778                         | 1:59                                        | 7:33                                          | 0:08                                           | Ei                    |
| g                  | Vapaa-ajan asunto | 381730                        | 7001330                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| h                  | Vakituinen asunto | 380220                        | 7000288                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| i                  | Vakituinen asunto | 380291                        | 7000236                         | 0:04                                        | 0:16                                          | 0:03                                           | Ei                    |
| j                  | Vakituinen asunto | 377015                        | 7001657                         | 5:09                                        | 22:33                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| k                  | Vakituinen asunto | 376397                        | 7001979                         | 4:26                                        | 16:39                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| l                  | Vakituinen asunto | 376317                        | 7002064                         | 3:36                                        | 13:57                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| m                  | Vapaa-ajan asunto | 376244                        | 7002210                         | 2:58                                        | 12:08                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| n                  | Vakituinen asunto | 376412                        | 7002435                         | 5:35                                        | 21:50                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| o                  | Vakituinen asunto | 375776                        | 7002746                         | 0:00                                        | 0:00                                          | 0:00                                           | Ei                    |
| p                  | Vakituinen asunto | 375818                        | 7003284                         | 5:37                                        | 20:54                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| q                  | Vakituinen asunto | 375684                        | 7003310                         | 4:11                                        | 15:54                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| r                  | Vakituinen asunto | 375650                        | 7003237                         | 4:07                                        | 15:30                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| s                  | Vakituinen asunto | 375610                        | 7003226                         | 3:53                                        | 14:39                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| t                  | Vakituinen asunto | 375601                        | 7003261                         | 3:45                                        | 14:17                                         | 0:25                                           | Ei                    |
| u                  | Vakituinen asunto | 375711                        | 7003599                         | 5:45                                        | 24:22                                         | 0:27                                           | Ei                    |
| v                  | Vakituinen asunto | 375756                        | 7003603                         | 6:07                                        | 25:49                                         | 0:28                                           | Ei                    |
| w                  | Vakituinen asunto | 375632                        | 7003429                         | 3:32                                        | 14:03                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| x                  | Vakituinen asunto | 375635                        | 7003480                         | 3:26                                        | 13:51                                         | 0:26                                           | Ei                    |
| y                  | Vakituinen asunto | 375709                        | 7003487                         | 6:07                                        | 25:10                                         | 0:27                                           | Ei                    |

|    |                   |        |         |      |       |      |    |
|----|-------------------|--------|---------|------|-------|------|----|
| z  | Vakituinen asunto | 375733 | 7003569 | 6:03 | 25:22 | 0:28 | Ei |
| aa | Vakituinen asunto | 375752 | 7003828 | 5:35 | 24:17 | 0:29 | Ei |
| ab | Vakituinen asunto | 375776 | 7004525 | 2:36 | 12:30 | 0:28 | Ei |
| ac | Vakituinen asunto | 375872 | 7005005 | 2:06 | 11:29 | 0:26 | Ei |
| ad | Vakituinen asunto | 378573 | 7005281 | 1:40 | 16:26 | 0:27 | Ei |
| ae | Vakituinen asunto | 380602 | 7005991 | 0:00 | 0:00  | 0:00 | Ei |
| af | Vakituinen asunto | 382262 | 7005889 | 1:46 | 19:32 | 0:26 | Ei |
| ag | Vapaa-ajan asunto | 382485 | 7005794 | 1:38 | 16:28 | 0:26 | Ei |
| ah | Vakituinen asunto | 376128 | 7002443 | 7:05 | 26:17 | 0:26 | Ei |



## 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.

FCG (2023). Kämpäkankaan tuulivoimahanke MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSRAPORTTI.

30.05.2023. Myrsky Energia Oy. Saatavilla:

<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite%204.%20Melu-%20ja%20varjostusmallinnusraportti.pdf>

## LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 12. Kirvesvuoren voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (20 voimalaa).*

| Voimalan ID | Itäinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija /<br>Kokonaiskorkeus (m) |
|-------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1           | 381356                     | 7004669                      | 200/200/300                                                 |
| 2           | 381670                     | 7004023                      | 200/200/300                                                 |
| 3           | 380761                     | 7003682                      | 200/200/300                                                 |
| 4           | 381057                     | 7003254                      | 200/200/300                                                 |
| 5           | 380259                     | 7003023                      | 200/200/300                                                 |
| 6           | 380321                     | 7002458                      | 200/200/300                                                 |
| 7           | 379636                     | 7001985                      | 200/200/300                                                 |
| 8           | 379223                     | 7001147                      | 200/200/300                                                 |
| 9           | 378724                     | 7000355                      | 200/200/300                                                 |
| 10          | 378311                     | 7000758                      | 200/200/300                                                 |
| 11          | 378841                     | 7001546                      | 200/200/300                                                 |
| 12          | 378580                     | 7002042                      | 200/200/300                                                 |
| 13          | 378263                     | 7002528                      | 200/200/300                                                 |
| 14          | 379336                     | 7002520                      | 200/200/300                                                 |
| 15          | 378904                     | 7002834                      | 200/200/300                                                 |
| 16          | 378406                     | 7003176                      | 200/200/300                                                 |
| 17          | 377758                     | 7003110                      | 200/200/300                                                 |
| 18          | 377957                     | 7003809                      | 200/200/300                                                 |
| 19          | 377286                     | 7003659                      | 200/200/300                                                 |
| 20          | 377248                     | 7004219                      | 200/200/300                                                 |

*Taulukko 13. Kirvesvuoren voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (13 voimalaa).*

| Voimalan ID | Itäinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija /<br>Kokonaiskorkeus (m) |
|-------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1           | 381356                     | 7004669                      | 200/200/300                                                 |
| 2           | 381670                     | 7004023                      | 200/200/300                                                 |
| 3           | 381037                     | 7003300                      | 200/200/300                                                 |
| 4           | 380352                     | 7002993                      | 200/200/300                                                 |
| 5           | 379710                     | 7002174                      | 200/200/300                                                 |
| 6           | 379538                     | 7001464                      | 200/200/300                                                 |
| 7           | 378827                     | 7001453                      | 200/200/300                                                 |
| 8           | 378925                     | 7002132                      | 200/200/300                                                 |
| 9           | 379616                     | 7002835                      | 200/200/300                                                 |
| 10          | 378776                     | 7002689                      | 200/200/300                                                 |
| 11          | 378121                     | 7002829                      | 200/200/300                                                 |

|    |        |         |             |
|----|--------|---------|-------------|
| 12 | 377716 | 7003644 | 200/200/300 |
| 13 | 377411 | 7004095 | 200/200/300 |

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

| Voimalan ID | Itäinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija /<br>Kokonaiskorkeus (m) |
|-------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1           | 372788                     | 7003262                      | 200/200/300                                                 |
| 2           | 372055                     | 7003257                      | 200/200/300                                                 |
| 3           | 371230                     | 7002647                      | 200/200/300                                                 |
| 4           | 370500                     | 7002372                      | 200/200/300                                                 |
| 5           | 371863                     | 7002149                      | 200/200/300                                                 |
| 6           | 373330                     | 7001925                      | 200/200/300                                                 |
| 7           | 374109                     | 7001475                      | 200/200/300                                                 |
| 8           | 370288                     | 7001462                      | 200/200/300                                                 |
| 9           | 372411                     | 7001104                      | 200/200/300                                                 |
| 10          | 371511                     | 7001025                      | 200/200/300                                                 |
| 11          | 373330                     | 7000875                      | 200/200/300                                                 |
| 12          | 374200                     | 7000720                      | 200/200/300                                                 |