



# VÄLKESELVITYS

Lamustenmäen Tuulivoimapuisto

04.11.2024

## SISÄLLYSLUETTELO

|     |                                                                          |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | YHTEENVETO .....                                                         | 2  |
| 2   | TAUSTA.....                                                              | 4  |
| 3   | VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....                                        | 5  |
| 3.1 | Ohje- ja raja-arvot.....                                                 | 6  |
| 3.2 | Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät .....                            | 6  |
| 4   | VÄLKEVAIKUTUKSET .....                                                   | 9  |
| 4.1 | Lamustenmäen välkevaikutukset.....                                       | 9  |
| 4.2 | Lamustenmäen välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden ..... | 12 |
| 4.3 | Lamustenmäen välkevaikutukset hallintasuunnitelma asennettuna .....      | 13 |
| 4.4 | Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....                           | 14 |
| 4.5 | Haittojen ehkäiseminen ja seuranta .....                                 | 15 |
| 5   | LÄHTEET .....                                                            | 16 |
|     | Liite 1: Sijoitussuunnitelmat.....                                       | 17 |

## VERSIOHISTORIA

| Versio,<br>Päivämäärä | Tekijä,                                   | Tarkastettu    | Hyväksytty     | Tiivistelmä                                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Ver 1,<br>2023-12-15  | Einari<br>Jänisoja &<br>Alexander<br>Ehrs | Alexander Ehrs | Alexander Ehrs | Lamustenmäen tuulivoimapuiston<br>välkeselvitys.                      |
| Ver2,<br>2024-11-04   | Afonso Lugo                               | Alexander Ehrs | Alexander Ehrs | Välkeselvitys päivitetyllä<br>Lamustenmäen<br>sijoitussuunnitelmalla. |

# 1 YHTEENVETO

## **Tehtävä:**

Välkeselvitys Lamustenmäen tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

## **Työmenetelmät:**

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.

## **Tulokset:**

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kolmessa Lamustenmäen tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään neljän asunnon kohdalla.

Puuston suojaava vaikutus huomioiden välkevaikutukset pienenevät. Mallinnuksessa 8 h/v välkealtistus ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Kohtuuttoman haitan välttämiseksi voimalat voidaan pysäyttää automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control). Näin ollen, maksimisuositusarvojen ylityksiä ei tulisi ollenkaan. Mallinnus, jossa välkevaikutusten hallintajärjestelmä on otettu käyttöön, on esitetty kappaleessa 4.3.

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

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

| Vertailuarvo                      | Mallinnus ilman puustoa | Mallinnus puusto huomioiden | Mallinnus välkkeen hallintajärjestelmä asennettuna |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|
|                                   | Vertailuarvon ylityksiä |                             |                                                    |
| > 10 h/v, todellinen tilanne      | 1                       | 0                           | 0                                                  |
| > 8 h/v, todellinen tilanne       | 2                       | 0                           | 0                                                  |
| > 30 h/v, teoreettinen maksimi    | 4                       | 0                           | 0                                                  |
| > 30 min/pv, teoreettinen maksimi | 5                       | 2                           | 0                                                  |

## 2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Lamustenmäen tuulivoimapuistolle Pieksämäen alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 5 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusvaiheessa.

Lamustenmäen välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 250 metriä.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). Etha Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

### 3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

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

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kesto aika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta 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 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 ohje-arvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

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

### 3.2 VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

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

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

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys

voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mikäli voimala on niin kaukana havainnointipisteestä, että sen lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei havainnointipisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kymmenen metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Jyväskylän lentokentän säähavaintoja. Jyväskylän lentokentän havaintoasema sijaitsee noin 60 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset*

| Asetus                    | Kuvaus                                                         |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Auringonpaisteajat</b> | Jyväskylä sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3) |
| <b>Toiminta-aika</b>      | Laskettu tuulisuustietojen perusteella, ERA5 (taulukko 4)      |
| <b>Asuntojen asetus</b>   | Kasvihuone-asetus                                              |
| <b>Mallinnus</b>          | Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)   |
| <b>Lapaparametrit</b>     | Voimalavalmistajan lapaparametrit käytössä                     |
| <b>Puuston vaikutus</b>   | Huomioitu erikseen                                             |
| <b>Vertailuarvot</b>      | 10 h/v todellinen tilanne                                      |
|                           | 8 h/v todellinen tilanne                                       |
|                           | 30 h/v teoreettinen tilanne                                    |
|                           | 30 min/pv teoreettinen tilanne                                 |

*Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat*

| Kuukausi  | Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä |
|-----------|-----------------------------------------------------|
| Tammikuu  | 0,81                                                |
| Helmikuu  | 2,25                                                |
| Maaliskuu | 4,39                                                |

|                  |             |
|------------------|-------------|
| Huhtikuu         | 5,97        |
| Toukokuu         | 8,13        |
| Kesäkuu          | 8,13        |
| Heinäkuu         | 8,42        |
| Elokuu           | 6,71        |
| Syyskuu          | 4,10        |
| Lokakuu          | 1,90        |
| Marraskuu        | 0,67        |
| Joulukuu         | 0,32        |
| <b>Keskiarvo</b> | <b>4,32</b> |

*Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika*

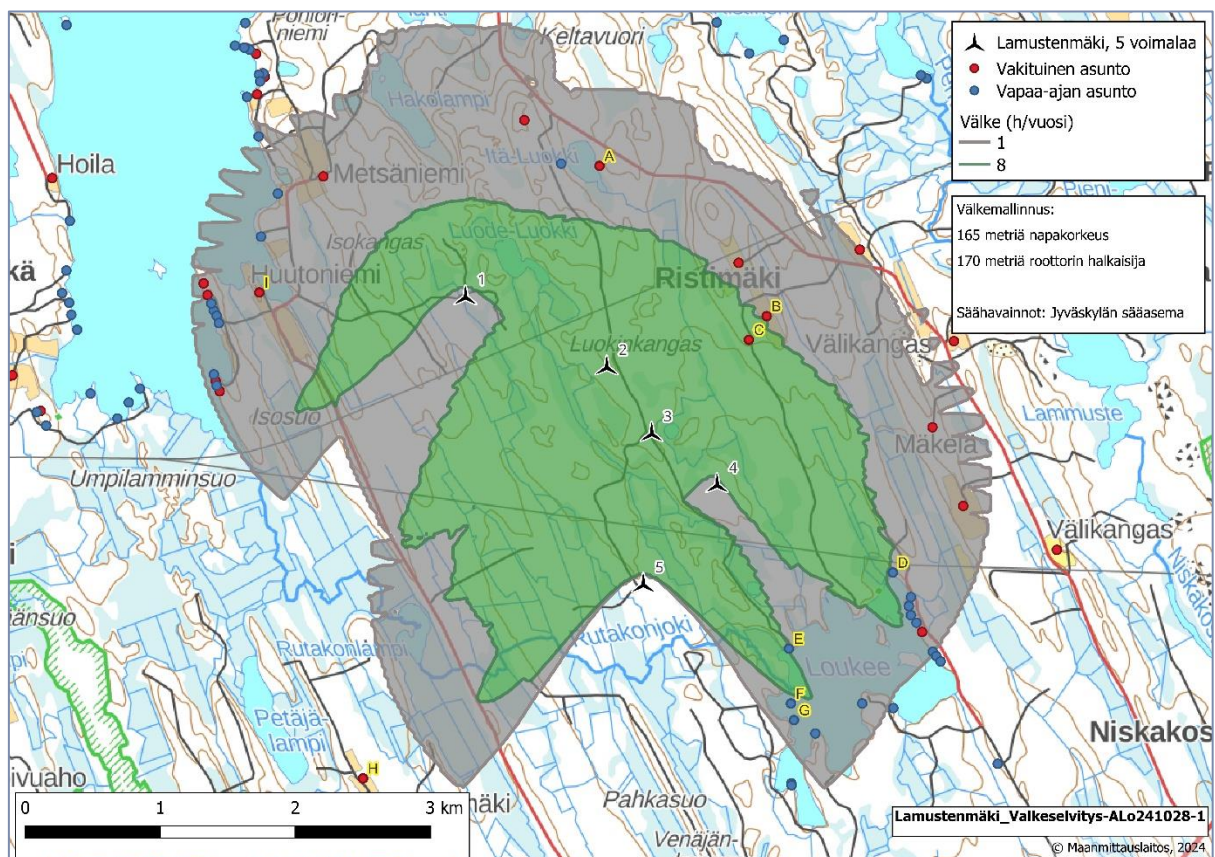
| Tuulensuunta     | Toiminta-aika (h/v) |
|------------------|---------------------|
| Pohjoinen        | 579                 |
| Pohjoiskoillinen | 452                 |
| Itäkoillinen     | 420                 |
| Itä              | 434                 |
| Itäkaakko        | 541                 |
| Eteläkaakko      | 687                 |
| Etelä            | 858                 |
| Etelälounas      | 1094                |
| Länsilounas      | 931                 |
| Länsi            | 740                 |
| Länsiluode       | 619                 |
| Pohjoisluode     | 645                 |
| <b>Summa</b>     | <b>8000</b>         |

## 4 VÄLKEVAIKUTUKSET

### 4.1 LAMUSTENMÄEN 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.

Alla olevassa kartassa on kuvattuna Lamustenmäen puiston välkevaikutukset yksinään. Lamustenmäen välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 250 metriä.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Lamustenmäen alueella. Yhdeksän havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-I) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään

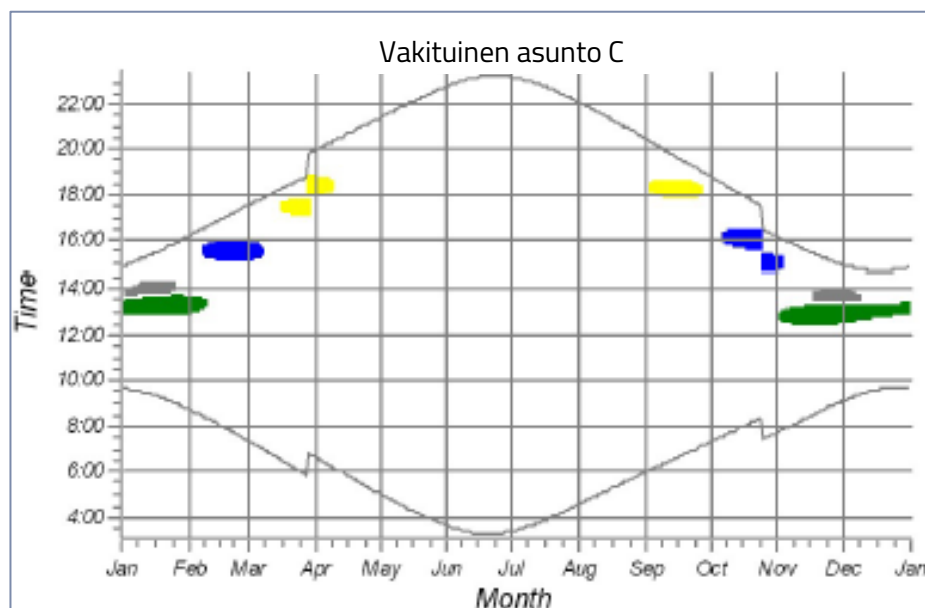
kahden asunnon kohdalla (C ja E). Suurin ylitys kohdistuu asunto C:n kohdalle (vuotuinen väkensä 12h ja 23 minuuttia). Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään viiden asunnon kohdalla (A,B,C,E,F).

Laskennassa on tarkasteltu väkettä yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on esitetty laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille. Lisäksi, välkeajat asunnoille C ja E ovat havainnollistettu kuvissa 3 ja 4.

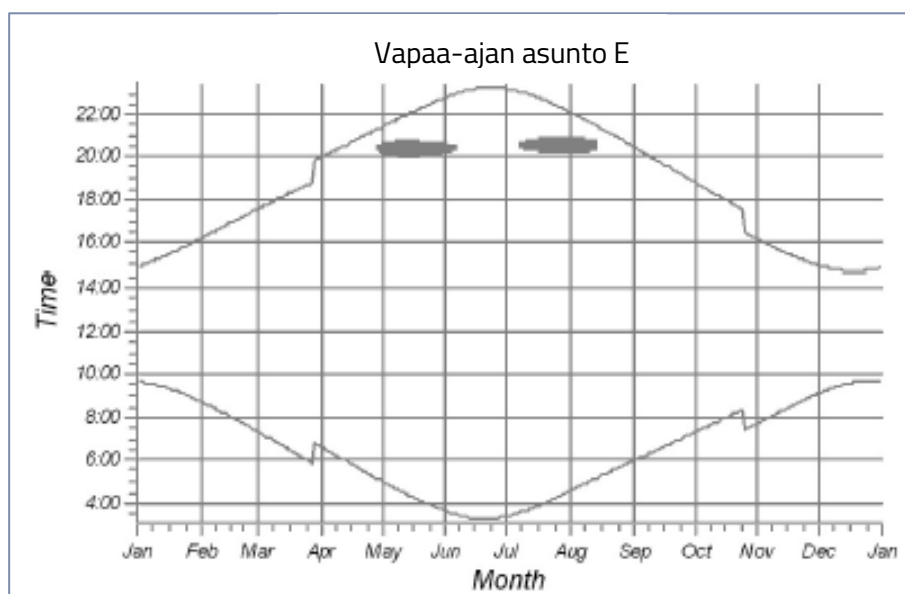
*Taulukko 5. Varjoväkelaskennan tulokset.*

| Havainnointi<br>piste | Asunnon<br>luokka    | Itäinen<br>koord.<br>(ETRS<br>TM35FIN) | Pohjoinen<br>koord.<br>(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 | 491933                                 | 6904276                                  | 4:39                                                 | 64:53                                                  | 0:51                                                    | Osittain                     |
| B                     | Vakituinen<br>asunto | 493171                                 | 6903164                                  | 7:58                                                 | 75:01                                                  | 0:34                                                    | Osittain                     |
| C                     | Vakituinen<br>asunto | 493039                                 | 6902989                                  | 12:23                                                | 111:16                                                 | 0:59                                                    | Kyllä                        |
| D                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 494105                                 | 6901266                                  | 6:52                                                 | 28:48                                                  | 0:29                                                    | Ei                           |
| E                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493335                                 | 6900702                                  | 8:26                                                 | 33:34                                                  | 0:35                                                    | Kyllä                        |
| F                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493350                                 | 6900296                                  | 6:51                                                 | 27:52                                                  | 0:31                                                    | Osittain                     |
| G                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493373                                 | 6900173                                  | 4:58                                                 | 20:30                                                  | 0:28                                                    | Ei                           |
| H                     | Vakituinen<br>asunto | 490181                                 | 6899742                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| I                     | Vakituinen<br>asunto | 489413                                 | 6903339                                  | 2:17                                                 | 11:28                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |

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



Kuva 3. Välkeajat vakituisen asunnon C kohdalla.



Kuva 4. Välkeajat vapaa-ajan asunnon E kohdalla.

| WTGs                                                                                |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 1: Siemens Gamesa SG 6.6-170_Verified 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (66) |
|  | 2: Siemens Gamesa SG 6.6-170_Verified 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (67) |
|  | 3: Siemens Gamesa SG 6.6-170_Verified 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (68) |
|  | 4: Siemens Gamesa SG 6.6-170_Verified 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (69) |
|  | 5: Siemens Gamesa SG 6.6-170_Verified 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (70) |

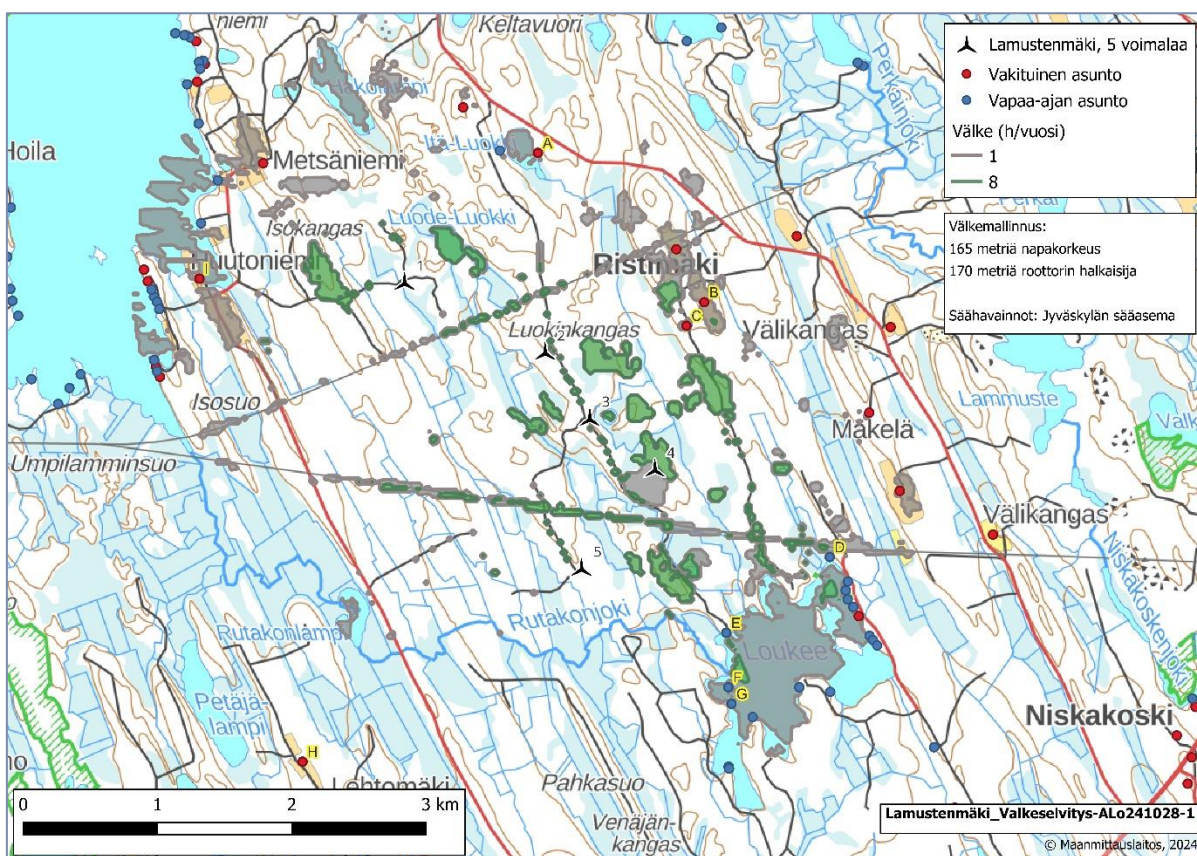
Kuva 5. Selitys kuville 3-4.

## 4.2 LAMUSTENMÄEN VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

Korkean puuston ja kasvillisuuden peittäessä tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee.

Puuston korkeustiedot on poimittu metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (LUKE, 2021).

Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Lamustenmäen alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden.

Kartalta näkyy, että välkkeen vaikutusalue on selvästi pienempi, kun puuston vaikutus on huomioitu (vrt. kuva 2). Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioituna välke aika on pienempi kaikissa havainnointipisteessä paitsi pisteessä I. Kuuteen asuntoon välkettä ei kohdistu lainkaan.

Teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvo (päivittäinen 30 min/vrk) ylitetään kahdessa havainnointipisteessä (B ja C).

Lamustenmäen välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu 9 havainnointipisteen osalta alla olevassa taulukossa.

*Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden.*

| Havainnointi<br>piste | Asunnon<br>luokka    | Itäinen<br>koord.<br>(ETRS<br>TM35FIN) | Pohjoinen<br>koord.<br>(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 | 491933                                 | 6904276                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| B                     | Vakituinen<br>asunto | 493171                                 | 6903164                                  | 3:02                                                 | 16:47                                                  | 0:32                                                    | Osittain                     |
| C                     | Vakituinen<br>asunto | 493039                                 | 6902989                                  | 4:23                                                 | 22:37                                                  | 0:37                                                    | Osittain                     |
| D                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 494105                                 | 6901266                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| E                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493335                                 | 6900702                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| F                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493350                                 | 6900296                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| G                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493373                                 | 6900173                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| H                     | Vakituinen<br>asunto | 490181                                 | 6899742                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| I                     | Vakituinen<br>asunto | 489413                                 | 6903339                                  | 2:17                                                 | 11:28                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |

### 4.3 LAMUSTENMÄEN VÄLKEVAIKUTUKSET HALLINTASUUNNITELMA ASENNETTUNA

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

Lamustenmäen tapauksessa puusto suojaa alueen asuntoja sen verran, että todellisen tilanteen 8 h/v suositusarvon ylityksiä ei synny lainkaan. Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma voidaan kuitenkin suositella otettavaksi käyttöön, mikäli halutaan varmistaa, ettei todellisen eikä teoreettisen maksimitilanteiden ohjearvoja ylitetä ollenkaan.

Alueelle muodostuvaa välkehaittaa saadaan vähennettyä alla maksimisuositusarvoja asentamalla välkkeenhallintajärjestelmä neljään tuulivoimalaan (voimalat 1, 2, 3 ja 4). Tällöin on mahdollista varmistaa, että välkemäärät pysyvät alle suositusarvojen. Välkemallinnuksen tulokset hallintajärjestelmän ollessa käytössä löytyvät seuraavasta taulukosta. Voimala pysäytetään automaattisesti tiettyinä ajankohtina, mikäli aurinko paistaa. Hallintajärjestelmä voidaan myös asentaa muihin voimaloihin ja ohjelmoida muilla tavoin, jotta välkkeen määrä vähenee halutuissa pisteissä.

Alla olevassa mallinnuksessa välkkeen hallintajärjestelmä on käytössä voimaloille 1, 2, 3 ja 4. Puuston suojaava vaikutus ei ole otettu huomioon.

*Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, kun välkevaikutusten hallintajärjestelmä (flicker control system) on käytössä. Kasvillisuutta ei ole huomioitu.*

| Havainnointi<br>piste | Asunnon<br>luokka    | Itäinen<br>koord.<br>(ETRS<br>TM35FIN) | Pohjoinen<br>koord.<br>(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 | 491933                                 | 6904276                                  | 1:55                                                 | 16:06                                                  | 0:30                                                    | Ei                           |
| B                     | Vakituinen<br>asunto | 493171                                 | 6903164                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| C                     | Vakituinen<br>asunto | 493039                                 | 6902989                                  | 0:46                                                 | 11:53                                                  | 0:22                                                    | Ei                           |
| D                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 494105                                 | 6901266                                  | 6:53                                                 | 28:48                                                  | 0:29                                                    | Ei                           |
| E                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493335                                 | 6900702                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| F                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493350                                 | 6900296                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| G                     | Vapaa-ajan<br>asunto | 493373                                 | 6900173                                  | 2:11                                                 | 9:03                                                   | 0:12                                                    | Ei                           |
| H                     | Vakituinen<br>asunto | 490181                                 | 6899742                                  | 0:00                                                 | 0:00                                                   | 0:00                                                    | Ei                           |
| I                     | Vakituinen<br>asunto | 489413                                 | 6903339                                  | 2:17                                                 | 11:28                                                  | 0:26                                                    | Ei                           |

## 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, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä kuin raportoidussa mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

## 4.5 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä roottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään myös pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control). Mallinnus välkehallintajärjestelmän ollessa käytössä on esitetty kappaleessa 4.3.

## 5 LÄHTEET

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

Copernicus Climate Change Service (C3S) (2023). ERA5(T) Rectangular Grid. Distribution through EMD and windPRO - EMD International A/S, 2020. This dataset uses ERA5 and ERA5(T) which is being developed through the Data processing and distribution for ERA5 is carried out by ECMWF.

Etha Wind Oy (2022). 02\_Flicker\_Checklist\_ArM220711-1. Internal work description.

Ilmatieteen laitos (2021). Tilastoja suomen ilmastosta ja merestä 1991–2020. PDF-document.

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

LUKE (2024). Luonnonvarakeskus, Puuston keskipituus (2021) dm. Saatavilla: <https://kartta.luke.fi/opensdata/valinta.html>

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

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

## LIITE 1: SIIJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

*Taulukko 8. Lamustenmäen voimaloiden sijaintitiedot*

| Voimala | Itäinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen<br>(ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija /<br>Kokonaiskorkeus (m) |
|---------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1       | 490939                     | 6903323                      | 165 / 170 / 250                                             |
| 2       | 491985                     | 6902803                      | 165 / 170 / 250                                             |
| 3       | 492318                     | 6902311                      | 165 / 170 / 250                                             |
| 4       | 492803                     | 6901932                      | 165 / 170 / 250                                             |
| 5       | 492256                     | 6901194                      | 165 / 170 / 250                                             |