

Eurowind Energy Oy

**METSÄRINTEEN OSAYLEISKAAVASELOSTUS,  
MELU- JA VÄLKEVAIKUTUSTEN ARVIOINTI**

5.2.2024

**Eurowind Energy**

Frans Duldin

**Envineer Oy**

Janne Nissinen

Janne Nuutinen

[etunimi.sukunimi@envineer.fi](mailto:etunimi.sukunimi@envineer.fi)

[www.envineer.fi](http://www.envineer.fi)

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinnumero: 11588-008

# SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto .....	4
2	Melumallinnus .....	4
2.1	Raja- ja ohjearvot.....	4
2.2	Ympäristöministeriön ohjeistus.....	5
2.3	Ohjelma ja käytetyt lähtötiedot .....	5
2.4	Matalataajuisen melun mallinnus .....	6
2.5	Tarkastelualue ja -pisteet.....	7
3	Välkemallinnus.....	7
3.1	Raja- ja ohjearvot.....	7
3.2	Välkemallinnus.....	8
4	Tulokset ja yhteisvaikutukset.....	9
4.1	Melu .....	9
4.1.1	Keskiäänitaso .....	9
4.1.2	Matalataajuinen melu.....	10
4.2	Välke.....	11
4.3	Epävarmuudet .....	12
5	Viitteet .....	13

## LIITTEET

LIITE 1 Melumallinnuksen lähtötietojen yhteenveto

LIITE 2 Meluvaikutusten kartat

LIITE 3 Välkevaikutusten kartat

# 1 JOHDANTO

Eurowind Energy Oy suunnittelee kolme tuulivoimalaa käsittävän Metsärinteen tuulivoimapuiston rakentamista Sonkajärven kunnan alueelle, Sukevan kylän eteläpuolelle. Alueelle on tavoitteen laatia oikeusvaikutteinen osasyleiskaava, jonka perusteella voidaan myöntää rakennusluvut tuulivoimayksiköiden rakentamiselle.

Maankäyttö- ja rakennuslain 9 §:n mukaan kaavan tulee perustua kaavan merkittävät vaikutukset arvioivaan suunnitteluun ja sen edellyttämiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavan vaikutuksia selvitettäessä otetaan huomioon kaavan tehtävä ja tarkoitus. Selvitykset on tehtävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaikutuksia.

Suunnitteilla olevan Metsärinteen tuulivoimapuiston aiheuttamia melu- ja välkevaikutuksia on arvioitu laatimalla mallinnukset uusien tuulivoimaloiden aiheuttamista keskiäänitasoista ja välkevaikutuksista sekä yhteisvaikutuksista lähialueella sijaitsevien tuulivoimapuistojen kanssa.

Melu- ja välkevaikutuksia on mallinnettu EMD WindPRO-ohjelman DECIBEL ja SHADOW moduulien avulla.

## 2 MELUMALLINNUS

### 2.1 Raja- ja ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan tullut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden ulkomelutasoille ohjearvot, joita verrataan laskennallisten ja valvonnan yhteydessä mittauksin saatuihin melutasoihin. Ohjearvot on määritetty A-taajuuspainotettuina keskiäänitasoina (ekvivalenttitasoina  $L_{Aeq}$ ) ulkomelutasoille päivälle (7–22) sekä yölle (22–7). Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Tuulivoimalan ulkomelutason ohjearvot VNa 1107/2015

	Ulkomelutaso ( $L_{Aeq}$ ) päivällä (7-22)	Ulkomelutaso ( $L_{Aeq}$ ) yöllä (22-7)
<b>Pysyvä asutus</b>	45 dB	40 dB
<b>Loma-asutus</b>	45 dB	40 dB
<b>Hoitolaitokset</b>	45 dB	40 dB
<b>Oppilaitokset</b>	45 dB	-
<b>Virkistysalueet</b>	45 dB	-
<b>Leirintäalueet</b>	45 dB	40 dB
<b>Kansallispuistot</b>	40 dB	40 dB

Melumallinnuksen tulokset ovat vuorokausikohtaisia keskiäänitasoja, joita verrataan yöajan ohjearvoon.

Matalataajuisten melun vaikutusten arviointiin on asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettu toimenpiderajat pienitaajuuselle melulle taajuuskaistoittain, joita sovelletaan nukkumiseen

tarkoitetuissa sisätiloissa. Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Asumisterveysasetuksen 545/2015 toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle sisätiloissa.

Kaista (Hz)	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Yöajan Leq, 1h (dB)	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

## 2.2 Ympäristöministeriön ohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut ohjeen (Ympäristöministeriö, Tuulivoimaloiden melun mallintaminen 2/2014), jossa esitetään menettelytavat tuulivoimaloiden tuottaman melun mallintamiseksi. Ohjeessa on kuvattu menettelytavat tuulivoimaloiden aiheuttaman melukuormituksen arviointiin tuulivoimahankkeen eri suunnitteluvaiheissa. Tässä raportissa käytetty mallinnusmenetelmä noudattaa Ympäristöministeriön ohjetta 2/2014.

Ympäristöministeriön ohjeen mukaan melumallinnuksissa voidaan käyttää standardin ISO 9613-2 perustuvia vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja, mikäli tuulivoimaloiden melupäästönä käytetään valmistajan standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti ilmoitettuja takuuarvoja ("declared value" tai "warranted level"). Tällöin melupäästön takuuarvoon sisältyy koko laskennan epävarmuus. Ohjeen mukaan oletuksena on, että melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinnän vaikutukset sisältyvät valmistajan ilmoittamaan takuuarvoon. Melun kapeakaistaisuus tai tonaalisuus tulisi ottaa huomioon, mikäli tiedetään tuulivoimalan melupäästön sisältävän em. komponentteja ja voidaan arvioida niiden olevan kuulohavainnoin erotettavissa. Muussa tapauksessa melupäästöön ei kohdisteta sanktiota melun mallinnuksessa.

Jos tuulivoimalan perustukset ovat yli 60 metriä korkeammalla melulle altistuvan kohteen maanpinnan korkeudesta, kyseessä olevan voimalan melupäästön takuuarvoon lisätään 2 dB. Tuulivoima-alueen voimat, joiden korkeusero on enintään 60 m, mallinnetaan käyttäen valmistajan takuuarvoja melupäästön lähtöarvoina.

## 2.3 Ohjelma ja käytetyt lähtötiedot

Tässä raportissa esitetyt melumallinnukset on toteutettu EMD WindPro-laskentaohjelman versiolla 3.6.366 ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Käytetyt laskentaparametrit ovat liitteessä 1 esitetyssä mallinnustietojen yhteenvedossa.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalatyypinä Siemens Gamesa 6.6-170 turbiinityypin äänitehotasoa 106,5 dB(A) ja valmistajan ilmoittamaa oktaavijakaumaa. Mallinnuksessa käytetty melupäästö ja oktaavijakauma ovat turbiinivalmistajan ilmoittamia standardin IEC 61400-11 mittauksiin ja laskentaan perustuvia arvoja. Ympäristöministeriön muistion (YM9/5511/2016) ohjeistuksen mukaisesti on tuulivoimalan melupäästöön lisätty + 2 dB:n varmuusarvo takuuarvon saamiseksi.

Mallinnuksessa voimaloiden korkeutena käytettiin napakorkeutta 165 m ja valmistajan ilmoittamaa oktaavijakaumaa napakorkeudella. Mallinnuksessa ei ole käytetty kapeakaistaisuuteen/tonaalisuuteen, amplitudimodulaatioon tai impulssimaisuuteen liittyviä sanktioita. Korkeuserot meluvaikutuksille alttiiden rakennusten ja tuulivoimaloiden välillä ovat alle 60 metriä, joten korkeuseroon perustuvaa sanktioita ei ole lisätty melupäästöön.

Mallinnuksen maastomallin lähtötietoina on käytetty Maanmittauslaitoksen tuottamaa aineistoa vuodelta 2018 (Korkeusmalli 10 m), jonka pystysuuntainen tarkkuus on 1,4 m ja vaakasuuntainen tarkkuus 10 m. Meluvaikutukset mallinnettiin hilapisteistöön, jonka vaakaresoluutio oli 10 m ja korkeusresoluutio 4 m.

Yhteisvaikutusten mallinnuksissa otettiin huomioon Metsärinteeseen läheisyydessä olevat tuulivoimalat, joiden vaikutukset mahdollisesti ulottuvat samalle alueelle suunnitteilla olevien tuulivoimaloiden kanssa. Melumallinnuksessa huomioitiin suunnitteluvaiheessa olevan Kurvilanmäen sekä Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuistojen tuulivoimalat. Em. tuulivoimaloiden päästömelutasoina arvioinnissa on käytetty samaa melupäästöä kuin Metsärinteeseen mallinnuksissa, koska Kurvilanmäen ja Honkamäki-Viidankankaan hankkeesta ei ole olemassa mallinnuksia. Yhteisvaikutusmallinnuksessa käytettiin lähimmän suunnitteilla olevan tuulivoimapuiston (Kurvilanmäki) laajimman hankevaihtoehdon tuulivoimaloita (46 kpl).

## 2.4 Matalataajuisen melun mallinnus

Ympäristöministeriön ohjeen mukaan matalataajuinen melu määritetään melulle merkittävimmin altistuvien rakennusten ulkopuolella. Mallinnuksen on tarkoitus tuottaa tietoa ulkomelutasoista terssikaistoittain, jotta rakennuksen sisämelutason arviointi on mahdollista. Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun mallinnus perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään (DSO 1284), johon on tehty Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan ympäristöhallinnon menetelmässä on määritelty rakennuksen ääneneristävyyskertoimet ( $\Delta L$ ) taajuuskaistoittain matalataajuiselle melulle.

Tässä mallinnuksessa on käytetty Turun ammattikorkeakoulun tekemässä tutkimuksessa (Keränen et. al., 2019) esitettyjen pientalojen julkisivun ääneneristävyyskertoimia, jotka ylittävät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa ja ovat pääsääntöisesti alhaisempia kuin Tanskan menetelmän ääneneristävyyskertoimet. Taulukossa 3 on esitetty Tanskan ympäristöhallinnon ja Turun ammattikorkeakoulun ääneneristävyyskertoimet.

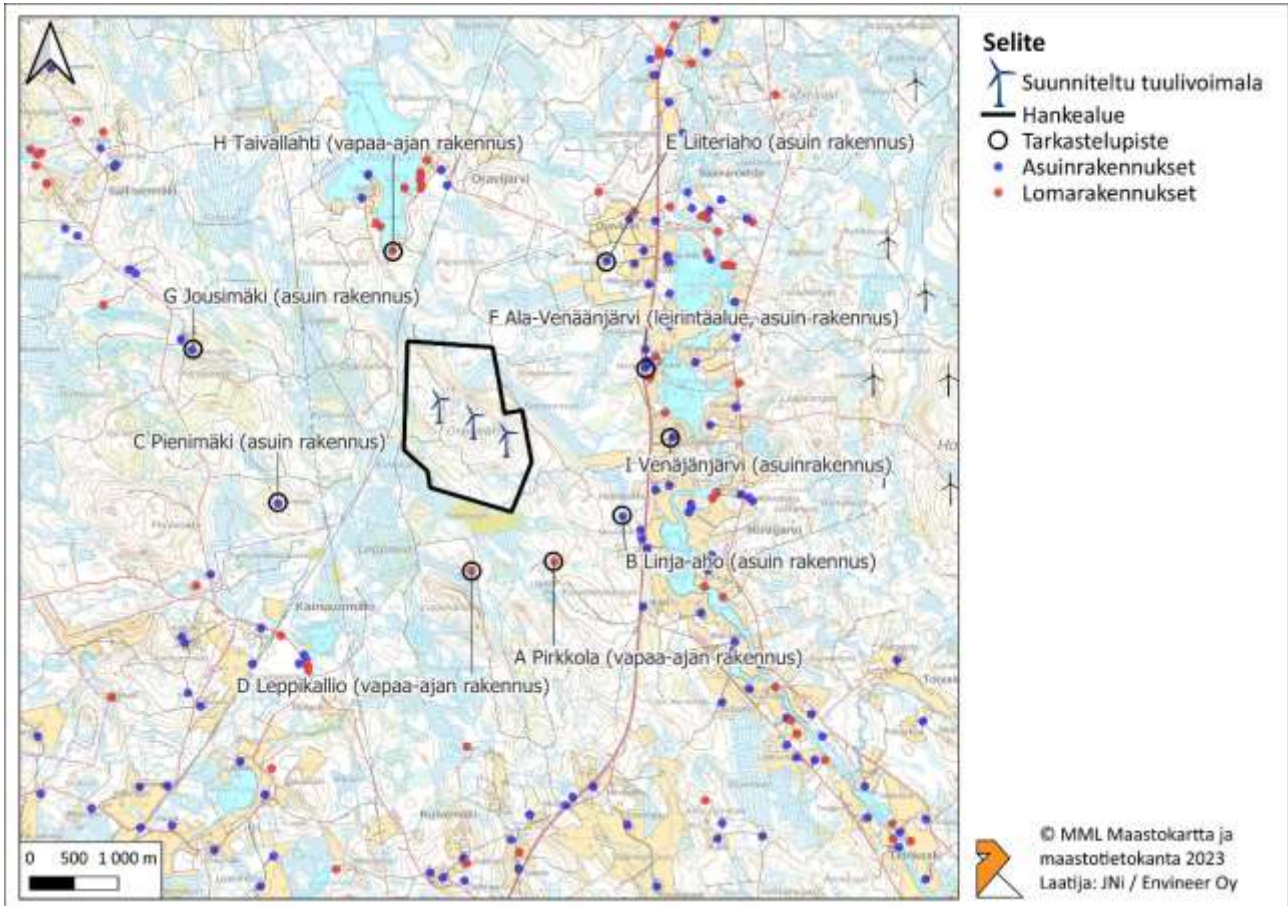
Taulukko 3. Tanskan ympäristöhallinnon ja Turun ammattikorkeakoulun ääneneristävyysarvot taajuuskaistoittain

Kaista/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Tanskan menetelmä	6,6	8,4	10,8	11,4	13	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	25,0
Turun AMK	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Metsärinteeseen tuulivoimaloiden matalataajuisen melun leviämistä mallinnettiin ja tarkasteltiin 9 asuin- ja vapaa-ajanrakennuksen kohdalla. Sisätilojen matalataajuisen melun laskenta suoritettiin ympäristöministeriön ohjeen mukaan käyttäen Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa esitettyjä ääneneristävyyskertoimia.

## 2.5 Tarkastelualue ja -pisteet

Mallinnusalueen koko oli noin 3 x 3 km. Tuulivoimaloiden ympäristöstä valittiin 9 lähintä asuinkiinteistöä ja vapaa-ajan kiinteistöä, joiden kokonaismelutasoja ja matalataajuisen melun altistumista tarkasteltiin tarkemmin. Tarkasteluun valittujen kiinteistöjen sijainnit on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tarkasteltavat asuinkiinteistöt ja vapaa-ajan kiinteistöt

## 3 VÄLKEMALLINNUS

### 3.1 Raja- ja ohjearvot

Ympäristöministeriön ohje (tuulivoimarakentamisen suunnittelu 5/2016) suosittelee käyttämään muiden maiden raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkkeen määrästä. Esimerkiksi Tanskassa sovelletaan todellisen tilanteen ("real case") raja-arvona enintään kymmentä tuntia vuodessa ja Ruotsissa vastaava suositus on enintään kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Välkevaikutuksille ei ole määritetty Suomessa ohjearvoja. Tässä raportissa laskettuja tuloksia verrataan Ruotsissa käytössä oleviin suosituksiin.

## 3.2 Välkemallinnus

Mallinnuksen rajauksina, yleisen laskentatavan mukaisesti, käytettiin auringonpaisteen kulman rajana horisontin yläpuolella kolmea astetta, jonka alle jäävää auringon säteilyä ei huomioitu, sekä oletusta että tuulivoimalan roottori peittää vähintään 20 % auringosta.

Mallinnusalueen koko oli noin 3 x 3 km. Laskentapisteen välinen etäisyys laskennassa oli 10 metriä ja laskenta suoritettiin 1 minuutin tarkkuudella. Maastomallina mallinnuksessa käytettiin samaa mallia kuin melumallinnuksissa. Tuulivoimaloina on käytetty samoja turbiinityyppejä kuin melumallinnuksessa, joissa lapojen halkaisija oli 170 m ja lapaprofiili valmistajan ilmoittama. Tarkastelupisteeseen mallinnetun ruudun koko oli 2 m x 2 m ja korkeus 1,5 m maanpinnasta. Mallinnus suoritettiin siten että tarkastelupisteen ruutu oli kohtisuorassa tarkasteltavaa tuulivoimalaa kohden (ns. "Green house mode").

Yhteisvaikutuksia Kurvilanmäen ja Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuistojen kanssa arvioitiin mallintamalla Kurvilanmäen tuulivoimapuiston tuulivoimalat napakorkeudella 195 m, joiden lapojen halkaisija oli 170 m, sekä Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuiston tuulivoimalat napakorkeudella 240, joiden lapojen halkaisija oli 260 m. Kurvilanmäen ja Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimaloiden sijoittelu on laajimpien tiedossa olevien hankevaihtoehtojen mukaiset.

Välkemallinnus toteutettiin EMD WindPRO -ohjelman SHADOW-moduulilla todellisen tilanteen mallintamiseksi ("Real case"). Todellisen tilanteen mallintamisessa huomioidaan alueen keskimääräinen auringonpaiste sekä alueen tuulisuustiedot. Mallinnuksen auringonpaistetietoina käytettiin Ilmatieteen laitoksen Siilinjärven lentoasemalta vuosilta 1981–2010 kerättyjen tietojen kuukausittaisia keskiarvoja. Tiedot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Siilinjärven lentoasemalta mitattujen auringonpaistetuntien keskiarvot vuorokaudessa eri kuukausina

Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
0,90	2,32	3,90	6,47	8,19	8,60	8,74	6,55	3,87	1,84	0,73	0,39

Tuulisuustietoina käytettiin Suomen Tuuliatlaksen tuulisuustietoja 200 metrin korkeudella esiintyvistä vuotuisesta keskiarvosta Metsärinteen tuulivoimapuiston alueelta. Tuulisuustietojen perusteella laskettiin tuulivoimaloiden vuotuinen toiminta-aika arvio eri tuulensuuntien sektoreissa, joka on esitetty taulukossa 5. Suomen Tuuliatlaksen tiedot ovat vuodessa esiintyvien tuulien keskiarvoja, jolloin mallinnuksessa on oletettu voimaloiden olevan toiminnassa 100 % vuodesta.

Taulukko 5. Metsärinteen tuulivoimapuiston toiminta-aikojen arvio tunneittain eri tuulensuunnan sektoreissa

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Yhteensä
753	464	409	380	528	816	1027	1230	973	903	696	580	8759

Välkevaikutuksia arvioitiin tarkemmin 8 tarkastelupisteestä, jotka on esitetty kuvassa 1.



# 4 TULOKSET JA YHTEISVAIKUTUKSET

## 4.1 Melu

### 4.1.1 Keskiäänitaso

Mallinnuksien perusteella laaditut melukartat on esitetty liitteessä 2. Mallinnuksen tulosten perusteella Metsärinteen tuulivoimapuiston aiheuttamat ulkomelutasot tarkastelupisteissä ei ylitä 40 dB:n yöajan ohjearvoa. Yhteisvaikutusmallinnuksien tuloksien perusteella ulkomelutasot missään tarkastelupisteessä ei ylitä 40 dB:n yöajan ohjearvoa. Suurimmat ulkomelutasot ovat tarkastelupisteessä D (Leppikallio). Keskiäänitasot tarkastelupisteissä on esitetty taulukossa 8.

*Taulukko 6. Laskennalliset ulkomelutasot tarkastelupisteissä molemmissa mallinnustilanteissa.*

Tarkastelupiste	Mallinnuksen tulokset [dB(A)]	Yhteisvaikutusmallinnuksen tulokset [dB(A)]	Lisäys [dB(a)]
A Pirkkola (vapaa-ajan rakennus)	34,3	35,1	0,8
B Linja-aho (asuinrakennus)	32,7	34,4	1,7
C Pienimäki (asuinrakennus)	29,6	30,9	1,3
D Leppikallio (vapaa-ajan rakennus)	34,9	35,5	0,6
E Liiteriaho (asuinrakennus)	28,1	32,1	4
F Ala-Venäanjärvi (leirintäalue, asuinrakennus)	30,6	33,9	3,3
G Jousimäki (asuinrakennus)	25	28,7	3,7
H Taivallahti (vapaa-ajan rakennus)	29,6	31,6	2
I Venäjänjärvi (asuinrakennus)	30,2	34,1	3,9

Kurvilanmäen tuulivoimapuiston aiheuttama meluvaikutus laajentaa hieman Metsärinteen melualueita. Yhteisvaikutus kohdistuu Metsärinteen ja Kurvilanmäen tuulivoimapuistojen väliin jääville alueille (G Jousimäki, H Taivallahti) Oravijärvellä sekä Porrasmäen ja Sallisenmäen välille.

Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuisto laajentaa sekin Metsärinteen melualueita. Yhteisvaikutus kohdistuu Metsärinteen ja Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuistojen väliin jääville alueille Venäjänjärvellä.

Kurvilanmäen ja Honkamäki-Viidankankaan tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutus Metsärinteen tuulivoimapuiston meluvaikutusten kanssa nostaa tarkastelupisteiden

ulkomelutasoja 0,8–4 dB, mutta ei aiheuta 40 dB:n yöajan ohjearvojen ylitystä missään tarkastelupisteessä. Suurimman vaikutuksen läheiset tuulivoimapuistot aiheuttaa tarkastelupisteellä E (Liiteriaho), jossa melutasot nousevat 4 dB.

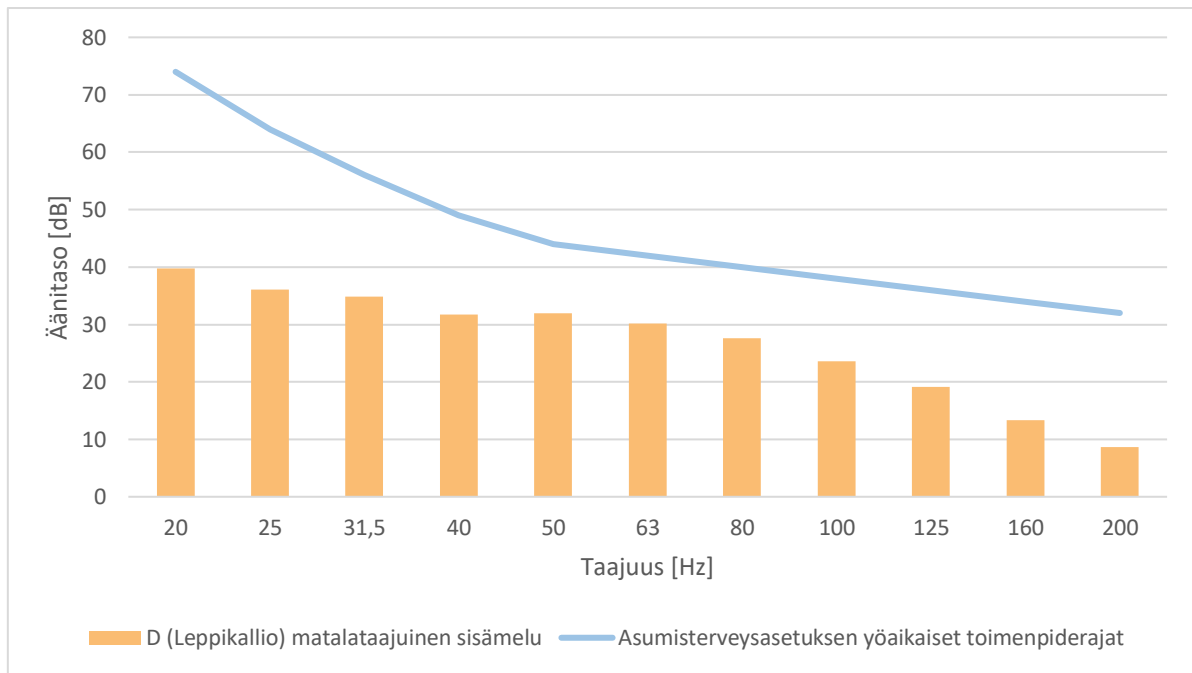
#### 4.1.2 Matalataajuinen melu

Matalataajuisen melun mallinnus tehtiin Metsärinteen tuulivoimapuistolle ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti pisteestä pisteeseen tarkasteluna. Matalataajuisen melun oktaavikaistojen laskentatuloksiin lisättiin 2 dB konservatiivisen arvioinnin saavuttamiseksi. Matalataajuinen sisämelutaso oktaavikaistoittain ilman taajuuspainotusta tarkastelupisteissä on esitetty taulukossa 9. Taulukossa on esitetty myös Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Taulukko 7. Asumisterveysasetuksen yöaikaisten matalataajuisten sisämelutaso toimenpiderajat oktaavikaistoittain ja sisämelutasot oktaavikaistoittain tarkastelupisteissä.

Kaista (Hz)	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
<b>Yöajan</b> <b>L<sub>eq, 1h</sub></b> <b>(dB)</b>	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
<b>A</b>	39,3	35,6	34,3	31,2	31,5	29,7	27,0	23,1	18,6	12,7	8,1
<b>B</b>	38,1	34,4	33,2	30,0	30,3	28,5	25,8	21,9	17,4	11,4	6,8
<b>C</b>	36,1	32,4	31,2	28,0	28,3	26,5	23,8	19,8	15,2	9,1	4,4
<b>D</b>	39,8	36,1	34,9	31,7	32,0	30,2	27,6	23,6	19,1	13,3	8,7
<b>E</b>	35,1	31,4	30,2	27,0	27,3	25,5	22,7	18,7	14,1	8,0	3,1
<b>F</b>	36,8	33,0	31,8	28,7	28,9	27,1	24,4	20,4	15,9	9,9	5,1
<b>G</b>	33,0	29,2	28,0	24,8	25,1	23,2	20,5	16,4	11,7	5,5	0,4
<b>H</b>	36,1	32,3	31,1	28,0	28,2	26,4	23,7	19,7	15,1	9,1	4,3
<b>I</b>	36,5	32,7	31,5	28,4	28,6	26,8	24,1	20,1	15,5	9,5	4,8

Kaikissa tarkastelupisteissä matalataajuisen melun tasot alittavat Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat. Suurimmat melutason arvot ovat mallinnusten ja laskentojen perusteella tarkastelupisteellä D (Leppikallio), mutta arvot ovat selvästi alle toimenpiderajojen. Leppikallion matalataajuisen melun oktaavijakauman vertailu Asumisterveysasetuksen yöaikaisiin toimenpiderajoihin on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Tarkastelupisteen D (Leppikallio) matalataajuisen sisämelun oktaavijakauma ja vertailu Asumisterveysasetukseen.

## 4.2 Välke

Tuulivoimaloiden todellisten välketuntien vuotuiset määrät ja päivittäiset välkeajat minuutteina on esitetty karttakuvana liitteessä 3. Taulukossa 10 on esitetty tarkastelupisteiden tulokset ja vertailu ohjearvoihin.

Taulukko 8. Real case -välkemallinnuksen vuotuiset ja päiväkohtaiset välkeajat ja vertailu Ruotsin suositukseen perustuviin tavoitearvoihin.

Tarkastelupiste	Vuotuinen välkeaja (h:min/a)	Päiväkohtainen välkeaja (min/d)	Vuotuisen tavoitearvon vertailu (<8 h/a)	Päiväkohtaisen tavoitearvon vertailu (<30 min/d)
A Pirkkola	1:22	3	Alle	Alle
B Linja-aho	5:45	8	Alle	Alle
C Pienimäki	1:58	5	Alle	Alle
D Leppikallio	0:00	0	Alle	Alle
E Liiteriaho	0:00	0	Alle	Alle
F Ala-Venäänjärvi	1:09	4	Alle	Alle
G Jousimäki	0:00	0	Alle	Alle
H Taivallahti	1:02	2	Alle	Alle
I Venäjänjärvi	1:27	5	Alle	Alle

Tarkastelupisteessä B (Linja-aho) välkevarjostusaika vuodessa sekä päiväkohtainen välkevarjostusaika on suurin, mutta jäävät alle tavoitearvojen. Tarkastelupisteessä B (Linja-aho) välkevarjostusaika painottuu iltaan toukokuussa ja heinä-elokuun vaihteeseen. Muissa tarkastelupisteissä välkevarjostusaika jää selvästi alle ohjearvojen.

Yhteisvaikutusmallinnuksen tulosten perusteella Kurvilanmäen tuulivoimapuisto ei aiheuta yhteisvaikutuksia Metsärinteen tuulivoimapuiston kanssa. Honkamäki-Viidankangas tuulivoimapuiston itäisten voimaloiden välkevarjostus aiheuttaa yhteisvaikutuksia Metsärinteen läntisimmän voimalan kanssa Venäjänjärven ja Venäänkoskien alueelle. Välkevarjostusaika alueen asuinrakennusten pihapiireissä jäävät alle tavoitearvon 8 h/a, mutta on suurempi verrattuna Metsärinteen tuulivoimapuiston aiheuttamiin välkevarjostusvaikutuksiin, suurimman vaikutuksen kohdistuessa Venäjänjärven tarkastelupisteelle. Päiväkohtaiset välkevarjostusajat jäävät alle tavoitearvon ja on suurempi ainoastaan Venäjänjärven tarkastelupisteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty Real Case- yhteisvaikutusmallinnuksen vuotuiset ja päiväkohtaiset välkeajat ja vertailu Ruotsin suositukseen perustuviin tavoitearvoihin. Yhteisvaikutusmallinnusten karttakuvat on esitetty liitteessä 3.

*Taulukko 9. Välkevarjostuksen yhteisvaikutusmallinnusten vuotuiset ja päiväkohtaiset välkeajat ja vertailu Ruotsin suositukseen perustuviin tavoitearvoihin.*

Tarkastelupiste	Vuotuinen välke aika (h:min/a)	Päiväkohtainen välke aika (min/d)	Vuotuisen tavoitearvon vertailu (<8 h/a)	Päiväkohtaisen tavoitearvon vertailu (<30 min/d)
<b>A Pirkkola</b>	1:22	3	Alle	Alle
<b>B Linja-aho</b>	5:45	8	Alle	Alle
<b>C Pienimäki</b>	1:58	5	Alle	Alle
<b>D Leppikallio</b>	0:00	0	Alle	Alle
<b>E Liiteriaho</b>	0:00	0	Alle	Alle
<b>F Ala-Venäjänjärvi</b>	1:09	4	Alle	Alle
<b>G Jousimäki</b>	0:00	0	Alle	Alle
<b>H Taivallahti</b>	1:02	2	Alle	Alle
<b>I Venäjänjärvi</b>	7:01	10	Alle	Alle

## 4.3 Epävarmuudet

Tuulivoimaloiden melupäästön leviäminen ympäristöön riippuu erityisesti tuulisuuden, taustamelun sekä sääilmiöiden vaikutuksesta. Leviämiseen vaikuttaa myös pinnanmuodot ja kasvillisuus. Tuulivoimaloiden lukumäärä, niiden etäisyys toisiinsa ja tuulen nopeus vaikuttavat melupäästön monin tavoin, kuten voimakkuuteen, taajuuteen ja ajalliseen vaihteluun. Voimakkaammin melun leviämiseen vaikuttavat tuulensuunta ja -nopeus. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- ja yöajan voimakasta ja suuntautuu suoraan myötätuuleen tarkasteltavien voimaloiden suunnasta. Todellinen keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkasteltavan hetken tai ajanjakson tuulisuudesta. Metsärinteen alueella tuulensuunta on todennäköisesti etelän, lounaan ja lännen puolella, jolloin lähimmillä tarkastelupisteillä A (Pirkkola), D (Leppikallio), C (Pienimäki) ja G (Jousimäki) mallinnuksessa esitetyt tilanteet ovat epätodennäköisempiä kuin muissa tarkastelupisteissä.

Välkevaikutus riippuu voimakkaasti tuulivoimaloiden toiminta-ajoista, auringonpaisteen määrästä ja suunnasta sekä puuston suojaavasta vaikutuksesta, joten vaikutukset voivat vaihdella eri vuosina. Metsärinteen voimaloiden mallinnusten perusteella tarkastelupisteessä B (Linja-aho) välkevaikutus

on suurin. Yhteisvaikutusten mallinnusten perusteella tarkastelupisteessä I (Venäjänjärvi) välkevaikutus on suurin. Tarkastelussa on kuitenkin huomioitava, että puuston suojaava vaikutus ehkäisee välkevarjostusvaikutuksia.

## 5 VIITTEET

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista ("Asumisterveysasetus") 545/2015.

The Danish Ministry of the Environment 2011. Statutory order on noise from Wind Turbines. Translation of statutory order no. 1284 of 15. December 2011.

Keränen, J., Hakala, J. & Hongisto V. 2019. Building and Environment, Volume 156. The sound insulation of facades at frequencies 5-5000 Hz.

Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen.

Ympäristöministeriö 1/2016. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa.

Ympäristöministeriö YM9/5511/2016. Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä.

Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu.

Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015.

envineer.fi

 **E N V I N E E R**

# LIITE 1. MELUMALLINNUKSEN LÄHTÖTIETOJEN YHTEENVETO

## Raportoijan tiedot

Raportin hyväksyntä päivämäärä:

Laatija: Janne Nissinen

Hyväksyjä: Janne Nuutinen

Mallinnusohjelmantiedot

Mallinnusohjelma ja versio: EMD WindPRO Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2  
3.6.366

## Tuulivoimalan/tuulivoimaloiden tiedot

Valmistaja: Siemens Gamesa

Tyyppi: SG6.6-170

Nimellisteho: 6.6 MW

Napakorkeus: 165 m

Roottorin halkaisija: 170 m

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana: Kyllä

## Laskennan lähtötiedot

Laskentakorkeus: 4 m Suhteellinen kosteus: 70 % Lämpötila: 15 °C Ilmanpaine: 101,325 kPa

Maastomallin lähde: MML

Pystyresoluutio: 1,4 m Vaakaresoluutio: 10 m

Maan absorptio ja heijastuksen huomioimiseen käytetyt kertoimet:

Vesi-alueet:

Maa-alueet

Muut alueet:

-

0,4

-

## Akustiset lähtötiedot

Oktaaveittain (Hz), dB (8 m/s)

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
----	-----	-----	-----	------	------	------	------

86,2	93,0	95,2	96,2	99,4	99,1	94,6	82,8
------	------	------	------	------	------	------	------

Matalataajuisen melun lähtötiedot (8 m/s)

20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

59,0	62,0	67,2	70,2	76,4	80,6	84,1	86,4	88,3	89,5	89,5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus: Kyllä

Muu, mikä? -

## Laskennan tulokset

Laskentavaihtoehdot: 2 kpl

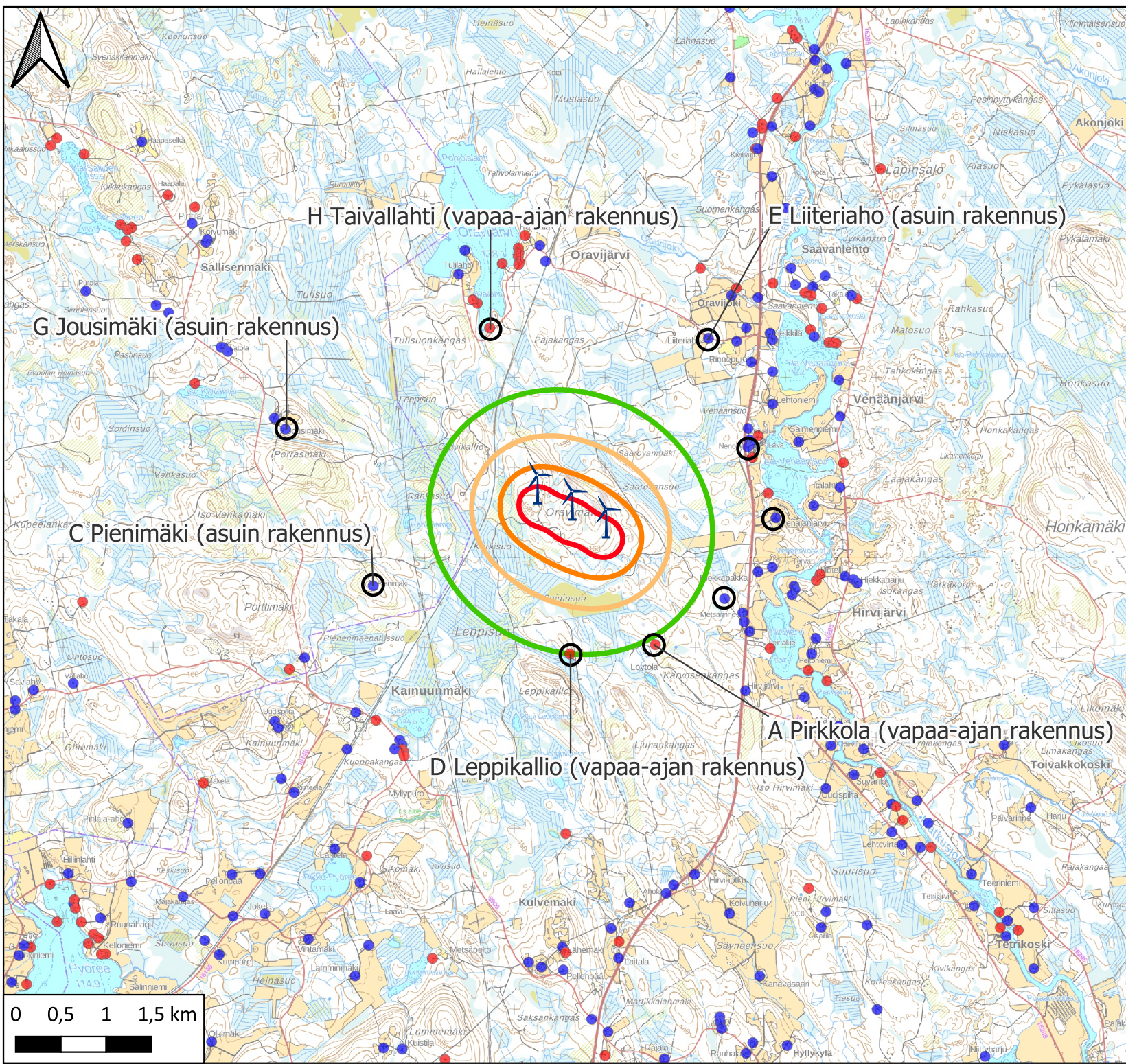
Matalataajuisen melun laskentataulukot: 1 kpl Reseptoripisteet: 9 kpl

Melulle altistuvat asuin- ja lomakohteet, 0 lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)

Yli 40 dB(A) vyöhykkeellä: 0 kpl

Yli 45 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl

Matalataajuisen melun tulokset: Kaikki tulokset alle asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen



### Selite

Laskennallinen melutaso [dB (A)]

- 35
- 40
- 45
- 50

- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

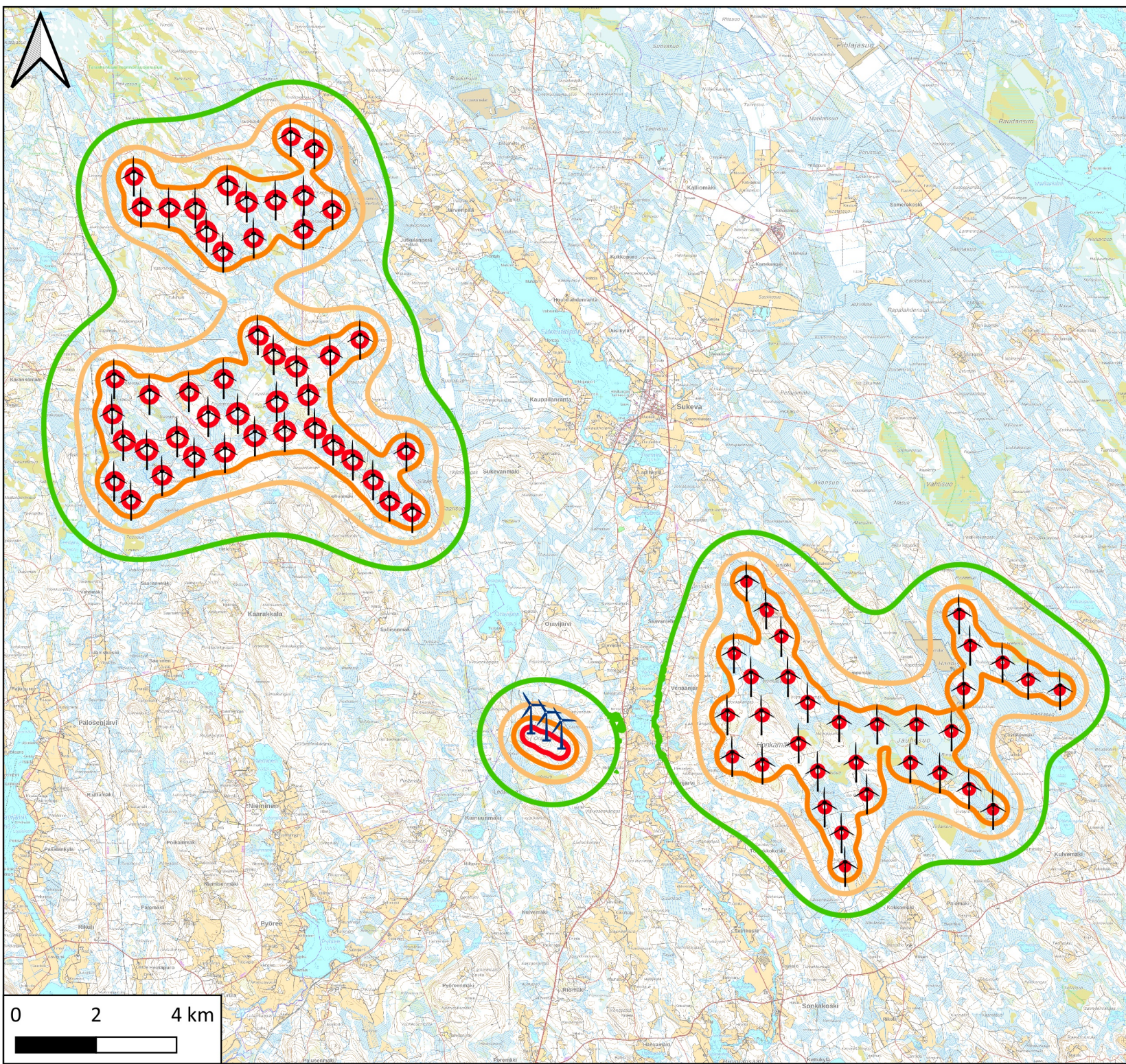
Eurowind Energy Oy  
 Melumallinnus - Metsärinteen  
 tuulivoimapuisto  
 28.6.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
 3, HH 165

© MML Maastokartta ja  
 Maastotietokanta 2023  
 Laatija: JNi / Enveer Oy







# Selite

Laskennallinen  
melutaso [dB (A)]

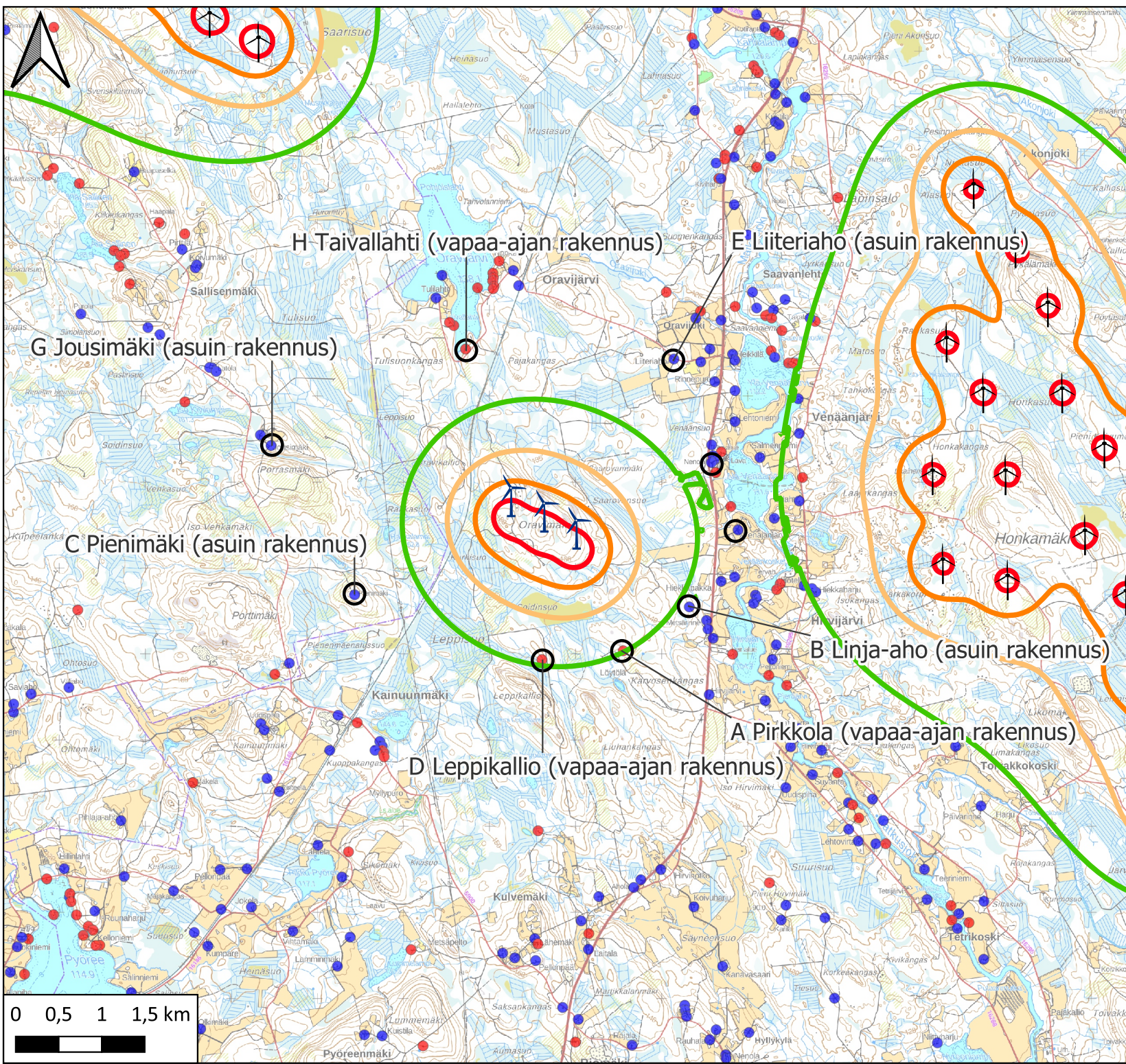
- 35
- 40
- 45
- 50

Eurowind Energy Oy  
Yhteisvaikutusten  
melumallinnus - Metsärinne  
tuulivoimapuisto  
4.10.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
3, HH 165 (Metsärinne)  
Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
46, HH 195 (Kurvilanmäki)  
Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
32, HH 240 (Viidankangas)



© MML Maastokartta 2023  
Laatija: JNi / Evineer Oy



### Selite

Laskennallinen melutaso [dB (A)]

- 35
- 40
- 45
- 50

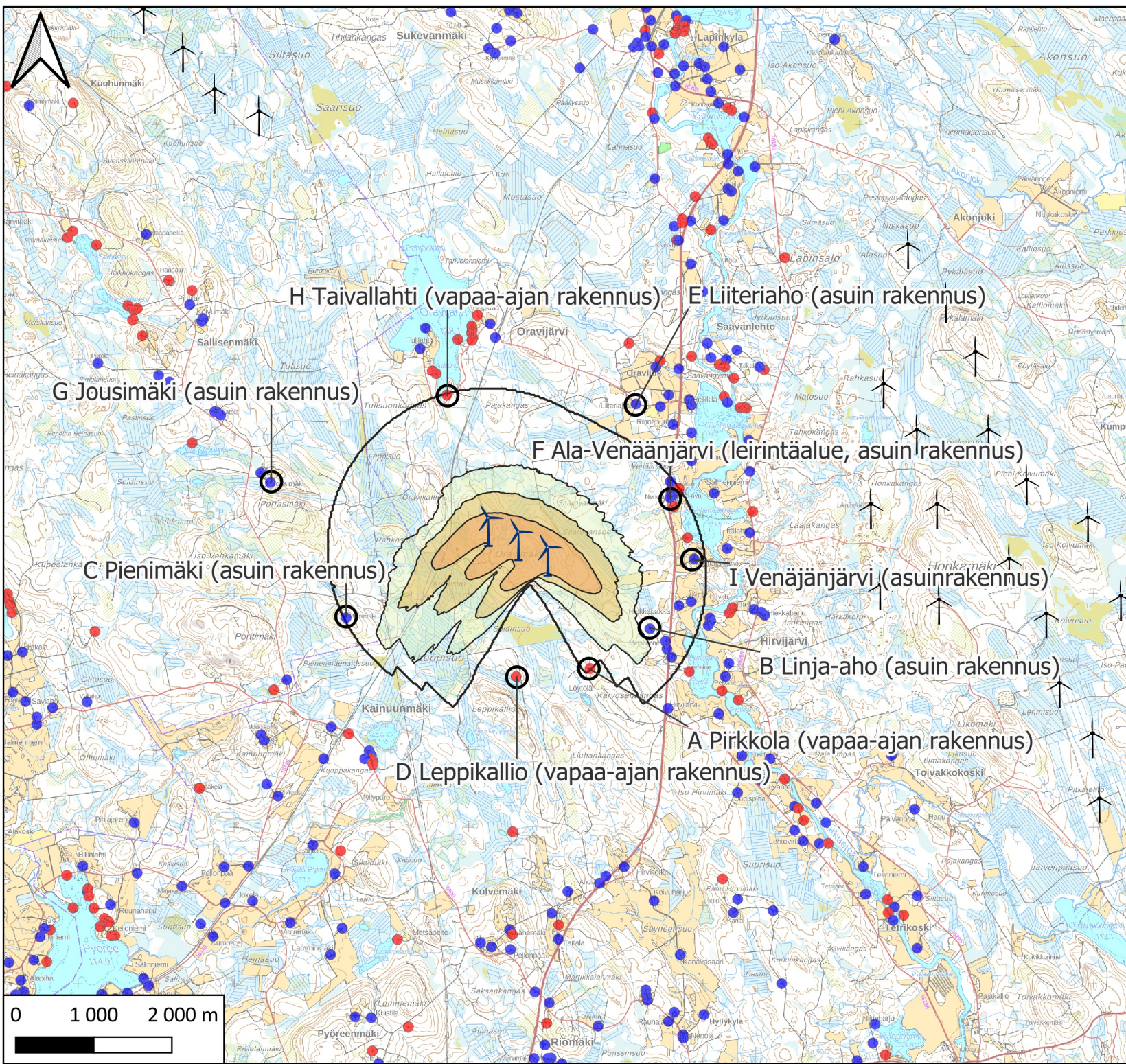
- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Eurowind Energy Oy  
 Yhteisvaikutusten melumallinnus - Metsärinteen tuulivoimapuisto  
 4.10.2023

- Siemens Gamesa SG6.6-170 x 3, HH 165 (Metsärinne)
- Siemens Gamesa SG6.6-170 x 46, HH 195 (Kurvilanmäki)
- Siemens Gamesa SG6.6-170 x 32, HH 240 (Viidankangas)



© MML Maastokartta ja Maastotietokanta 2023  
 Laatija: JNi / Evineer Oy



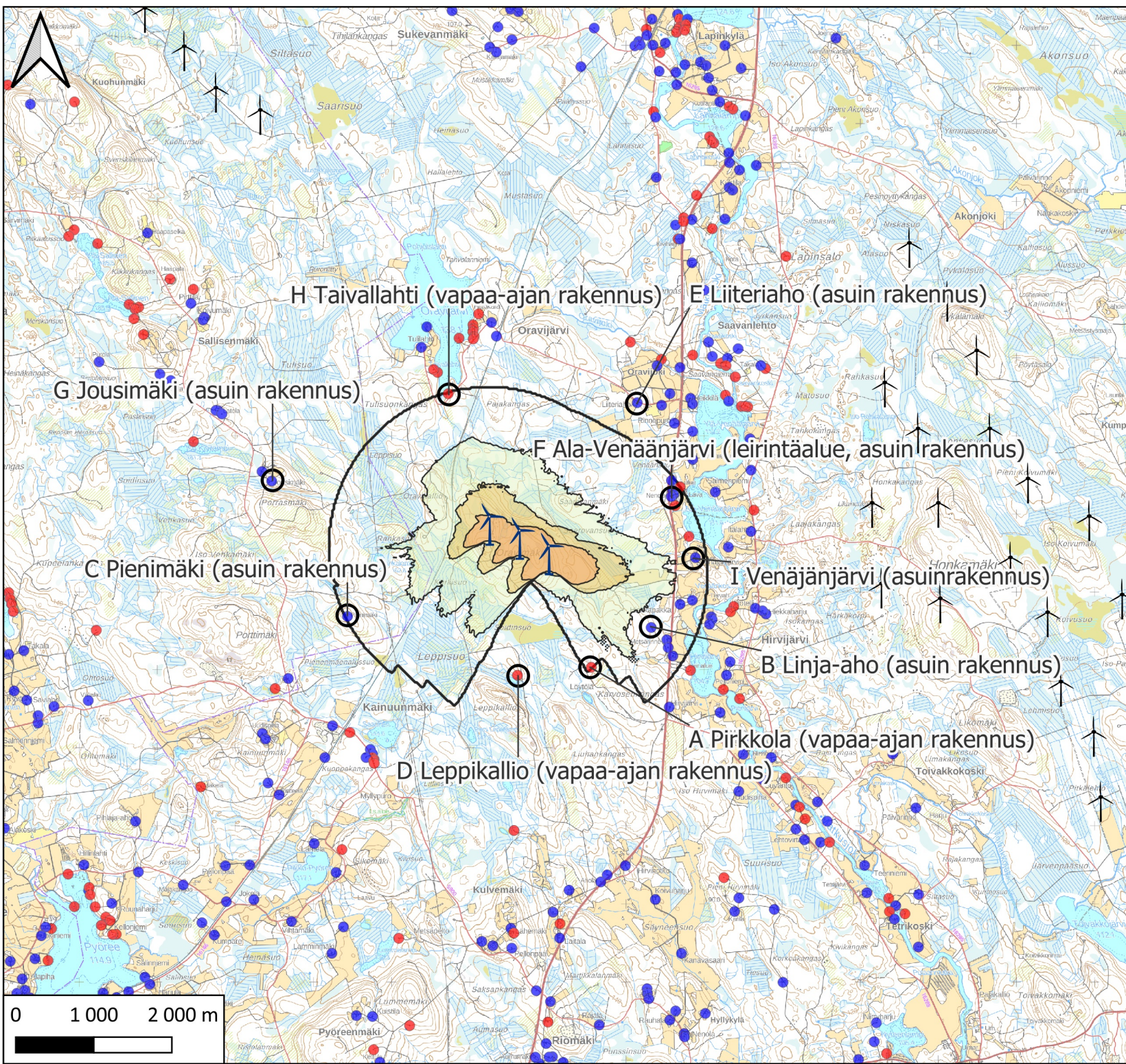
- Selite**
- Tarkastelupiste
  - Asuinrakennus
  - Lomarakennus
- Laskennallinen  
Real Case-välkevaikutus (h/a)**
- 0-8
  - 8-15
  - 15-30
  - >30

Eurowind Energy Oy  
 Vätkemallinnus - Metsärinteen  
 tuulivoimapuisto  
 27.7.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
 3, HH 165

© MML Maastokartta ja  
 Maastotietokanta 2023  
 Laatija: JNi / Enveer Oy





**Selite**

- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Laskennallinen  
Real Case-välkevaikutus  
(min/d)

- 0-10
- 10-20
- 20-30
- >30

Eurowind Energy Oy  
Välkemallinnus - Metsärinteen  
tuulivoimapuisto  
27.7.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
3, HH 165

© MML Maastokartta ja  
Maastotietokanta 2023  
Laatija: JNi / Evineer Oy

H Taivallahti (vapaa-ajan rakennus)

E Liiteriaho (asuin rakennus)

G Jousimäki (asuin rakennus)

F Ala-Venäänjärvi (leirintäalue, asuin rakennus)

C Pienimäki (asuin rakennus)

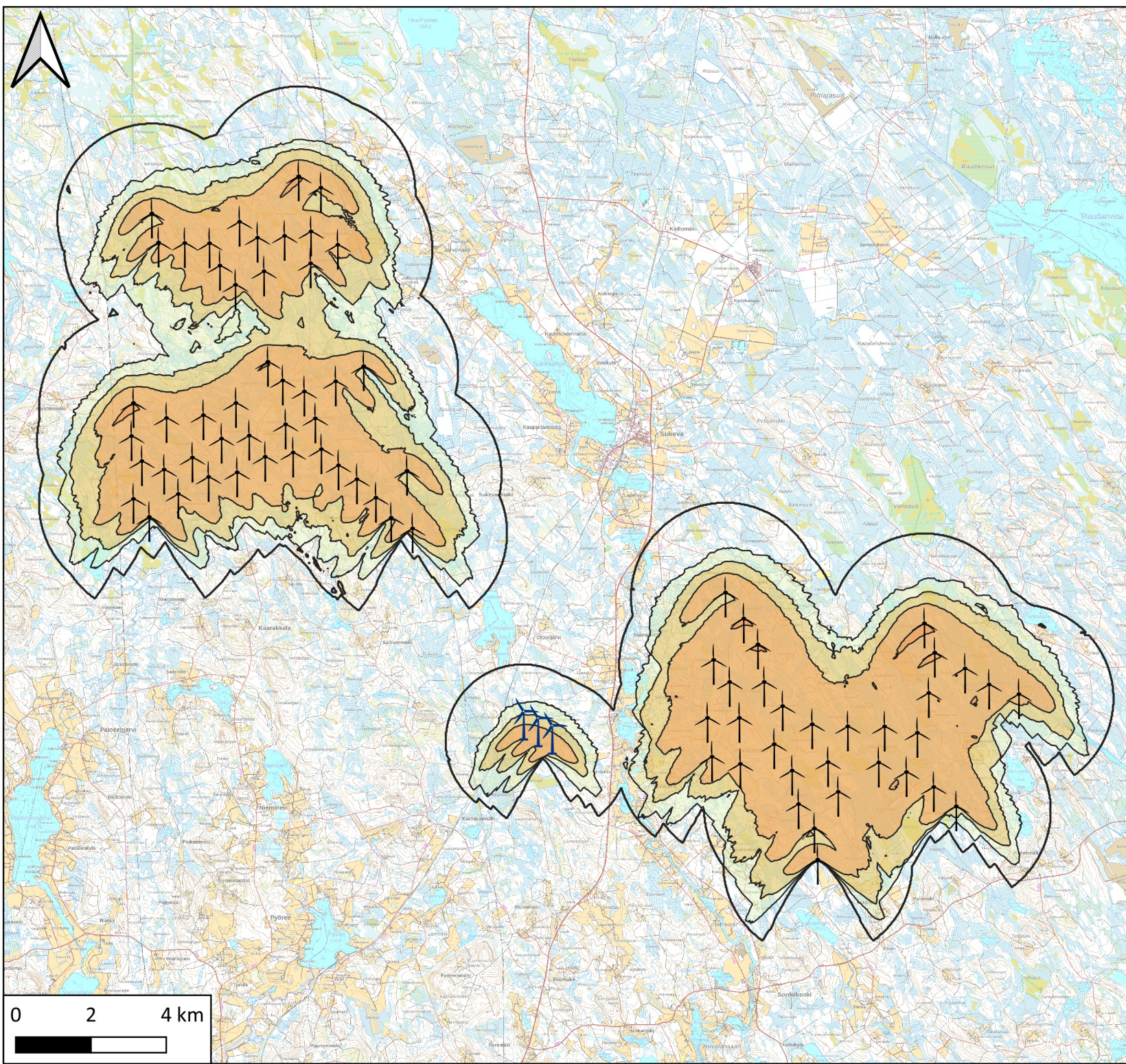
I Venäjänjärvi (asuinrakennus)

B Linja-aho (asuin rakennus)

D Leppikallio (vapaa-ajan rakennus)

A Pirkkola (vapaa-ajan rakennus)

0 1 000 2 000 m



## Selite

Laskennallinen  
Real Case-välkevaikutus (h/a)

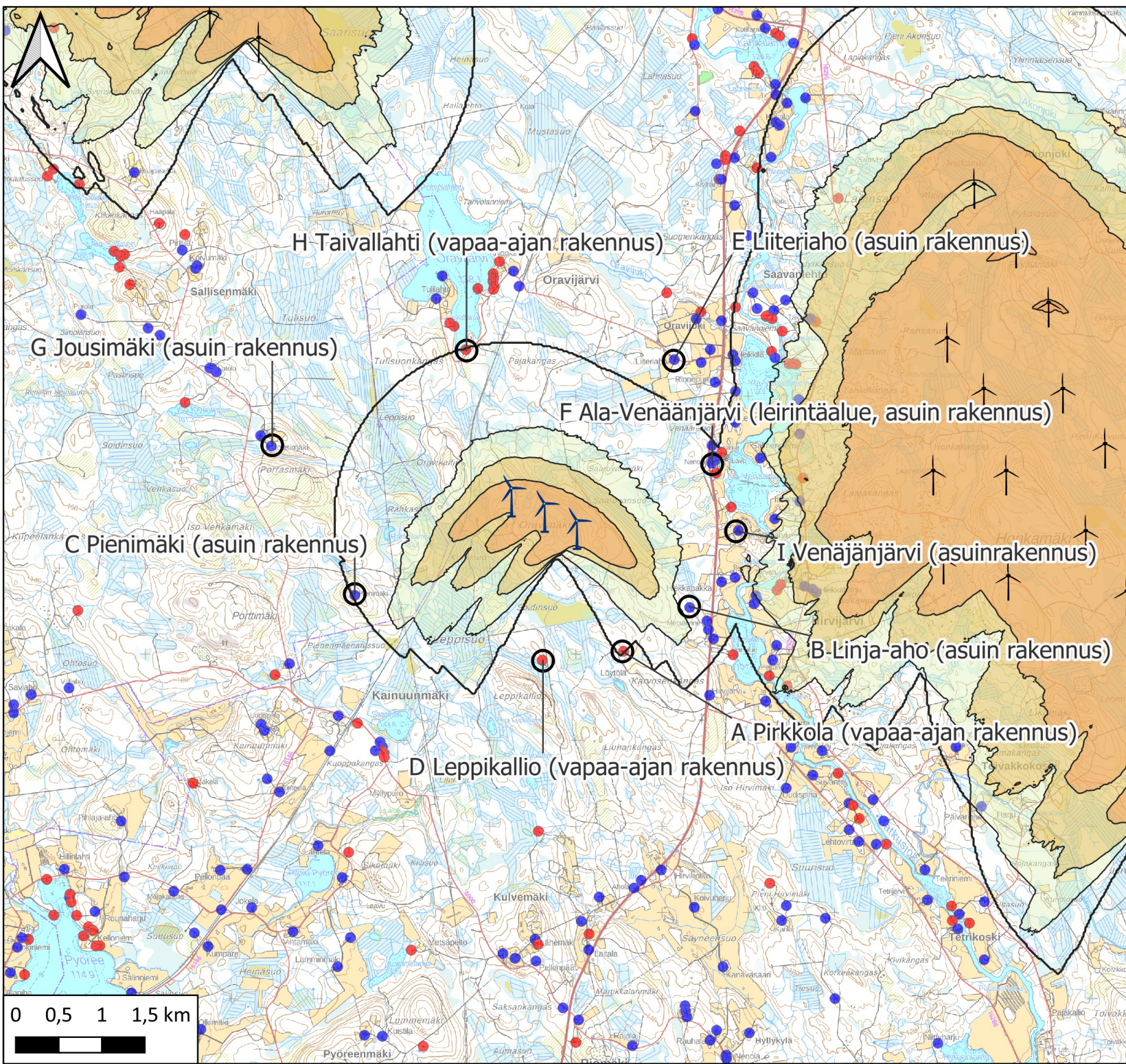
- 0-8
- 8-15
- 15-30
- >30

Eurowind Energy Oy  
Välkemallinnus - Metsärinteen  
tuulivoimapuisto  
4.10.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
3, HH 165, RD 170  
(Metsärinne)  
Geneerinen tuulivoimala x 46,  
HH 195, RD 210 (Kurvilanmäki)  
Geneerinen tuulivoimala x 32,  
HH 240, RD 260

© MML Maastokartta ja  
Maastotietokanta 2023  
Laatija: JNi / Evineer Oy





**Selite**

- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

**Laskennallinen  
Real Case-välkevaikutus (h/a)**

- 0-8
- 8-15
- 15-30
- >30

Eurowind Energy Oy  
Yhteisvaikutusten  
melumallinnus - Metsärinteen  
tuulivoimapuisto  
4.10.2023

Siemens Gamesa SG6.6-170 x  
3, HH 165, RD 170  
(Metsärinne)  
Geneerinen tuulivoimala x 46,  
HH 195, RD 210 (Kurvilanmäki)  
Geneerinen tuulivoimala x 32,  
HH 240, RD 260 (Viidankangas)

© MML Maastokartta ja  
Maastotietokanta 2023  
Laatija: JNi / Evneer Oy

