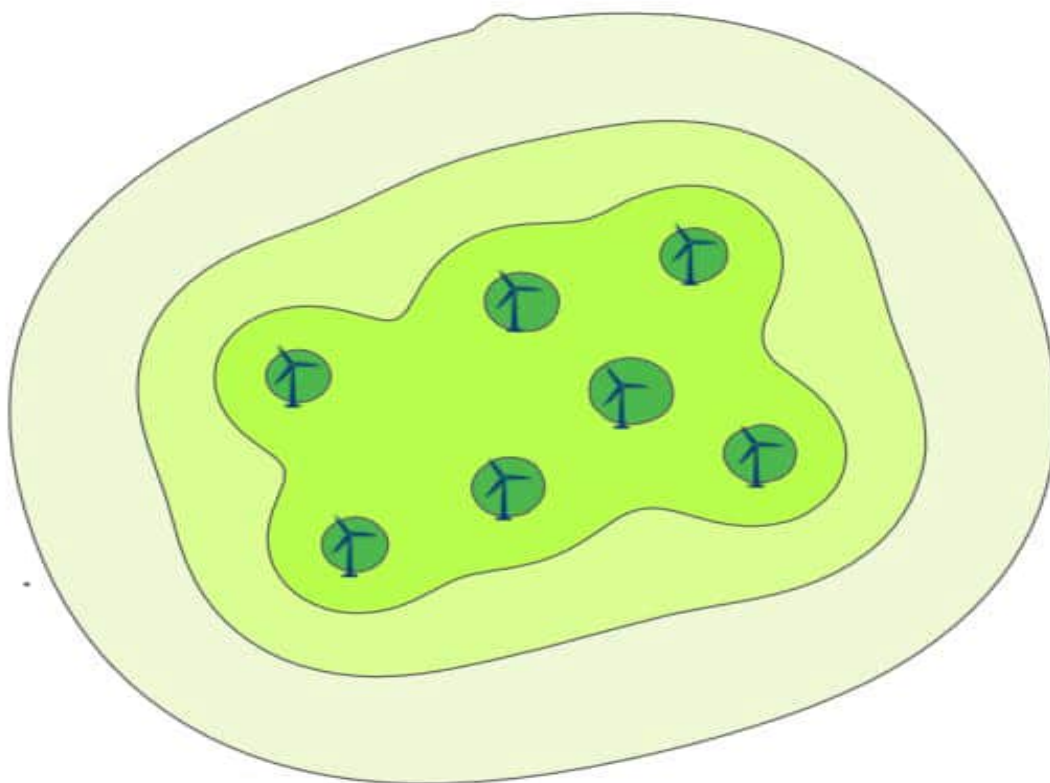




Eurowind Energy Oy

VARISVUOREN TUULIVOIMAHANKKEEN MELU- JA VÄLKEVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

15.5.2025

Eurowind Energy Oy

Frans Duldin

Envineer Oy

Erja Eskelinen

Janne Nissinen

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinnumero: 11857

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	6
2	Melumallinnus	6
2.1	Raja- ja ohjearvot.....	6
2.2	Ympäristöministeriön ohjeistus	7
2.3	Ohjelma ja käytetyt lähtötiedot	7
2.4	Matalataajuisen melun mallinnus.....	8
3	Välkemallinnus.....	8
3.1	Raja- ja ohjearvot.....	8
3.2	Mallinnus.....	9
4	Tarkastelupisteet.....	10
5	Tulokset	10
5.1	Melu.....	10
5.1.1	Keskiäänitaso	10
5.1.2	Matalataajuinen melu.....	11
5.2	Välke	12
5.3	Epävarmuus.....	12
6	Yhteisvaikutukset	13
6.1	Melu.....	14
6.2	Välke	15
	Lähteet.....	17

LIITTEET

1 JOHDANTO

Eurowind Energy Oy suunnittelee 5–7 tuulivoimalaa käsittävän Varisvuoren tuulivoima-alueen rakentamista Pihtiputaan kunnan alueelle. Suunnitteilla olevan tuulivoimahankkeen aiheuttamia melu- ja välkevaikutuksia on arvioitu laatimalla EMD WindPro-ohjelmistolla mallinnukset uusien tuulivoimaloiden aiheuttamista melu- ja välkevaikutuksista. Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 270 metriä.

2 MELUMALLINNUS

2.1 Raja- ja ohjearvot

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden ulkomelutasoille ohjearvot, joita verrataan laskennallisten ja valvonnan yhteydessä mittauksin saatuihin melutasoihin. Ulkomelutasojen ohjearvot on määritetty A-taajuuspainotettuina keskiäänitasoina (ekvivalenttitasoina L_{Aeq}) päivä- (klo 7–22) ja yöajalle (klo 22–7). Valtioneuvoston ohjearvot on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot (VNa 1107/2015).

Alue	Ulkomelutaso (L_{Aeq}) päivällä (klo 7–22)	Ulkomelutaso (L_{Aeq}) yöllä (klo 22–7)
Pysyvä asutus, loma-asutus, hoitolaitokset, leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Melumallinnuksen tulokset ovat vuorokausikohtaisia keskiäänitasoja, joita verrataan yöajan ohjearvoon.

Matalataajuisen melun vaikutusten arviointiin on asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettu toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle taajuuskaistoittain, joita sovelletaan nukkumiseen tarkoitetuissa sisätiloissa. Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 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 L_{eq} , 1 h (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 ja melukuormituksen arvioimiseksi tuulivoimahankkeen eri suunnitteluvaiheissa. Tässä raportissa käytetty mallinnusmenetelmä noudattaa Ympäristöministeriön ohjetta 2/2014.

Ympäristöministeriön ohjeen mukaan melumallinuksissa voidaan käyttää standardiin ISO 9613-2 perustuvia vakioituja sää- ja ympäristöolosuhtearvoja, mikäli tuulivoimaloiden melupäästöinä 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 sykinän 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 mallinuksessa.

Jos tuulivoimalan perustukset ovat yli 60 metriä korkeammalla melulle altistuvan kohteen maanpinnan korkeudesta, kyseessä olevan voimalan melupäästön takuuarvoon lisätään 2 dB. Tuulivoima-alueen voimalat, 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 4.1 ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Käytetyt laskentaparametrit on esitetty liitteessä 1 mallinnustietojen yhteenvedossa.

Mallinuksessa on käytetty tuulivoimalatyyppinä Siemens Gamesa 6.6-155 turbiinityypin äänitehotasoa 107 dB(A) ja valmistajan ilmoittamaa oktaavijakaumaa. Mallinuksessa käytetty melupäästö ja oktaavijakauma ovat turbiininvalmistajan ilmoittamia standardin IEC 61400-11 mittauksiin ja laskentaan perustuvia arvoja. Valmistajan oktaavijakaumaa koskevassa dokumentissa ei ole saatavilla 1/3 oktaavijakaumaa, jonka vuoksi mallinuksen lähtötietona on tältä osin käytetty Kämpäkankaan tuulivoimahankkeen melu- ja varjostusmallinnusraportissa (FCG, 2023) esitettyjä tietoja. Ympäristöministeriön muistion (YM9/5511/2016) ohjeistuksen mukaisesti on tuulivoimalan melupäästöön lisätty + 2 dB:n varmuusarvo takuuarvon saamiseksi.

Mallinuksessa voimaloiden korkeutena käytettiin napakorkeutta 184 m ja valmistajan ilmoittamaa melun oktaavijakaumaa napakorkeudella. Mallinuksessa 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.

Mallinuksen maastomallin lähtötietoina on käytetty Maanmittauslaitoksen tuottamaa aineistoa vuodelta 2020 (Korkeusmalli 2 m), jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen tarkkuus 2 m. Meluvaikutukset mallinnettiin hilapisteistöön, jonka vaakaresoluutio oli 10 m ja korkeusresoluutio 4 m.

2.4 Matalataajuisen melun mallinnus

Ympäristöministeriön ohjeen mukaan matalataajuinen melu määritetään melulle merkittävimmin altistuvien rakennusten ulkopuolella. Mallinnuksen on tarkoitus tuottaa tietoa ulkomelutasoista taajuuskaistoittain, 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 ääneneristävyyškertoimet (ΔL) taajuuskaistoittain matalataajuiselle melulle.

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

Taulukko 3. Tanskan ympäristöhallinnon ja Turun ammattikorkeakoulun ääneneristävyyksarvot 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	13,0	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

Varisvuoren tuulivoimaloiden matalataajuisen melun leviämistä mallinnettiin ja tarkasteltiin kuuden (6 kpl) asuin- ja vapaa-ajanrakennuksen kohdalla. Sisätilojen matalataajuisen melun laskenta suoritettiin ympäristöministeriön ohjeen mukaan käyttäen Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa esitettyjä ääneneristävyyškertoimia.

3 VÄLKEMALLINNUS

3.1 Raja- ja ohjearvot

Välkevaikutuksille ei ole määritetty Suomessa ohjearvoja. 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. Tässä raportissa laskettuja tuloksia verrataan Ruotsissa käytössä oleviin suosituksiin.

3.2 Mallinnus

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

Laskentapisteen välinen etäisyys laskennassa oli 20 metriä ja laskenta suoritettiin 3 minuutin tarkkuudella. Maastomallina mallinnuksessa käytettiin samaa korkeusmallia kuin melumallinnuksissa. Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalatyyppinä Vestas 7.2 MW ja napakorkeutta 184 m. Roottorin halkaisija oli 172 m ja lapaprofiili valmistajan ilmoittama. Tarkastelupisteeseen mallinnetun ruudun koko oli 2 m × 2 m ja korkeus 1,5 m maanpinnasta. Mallinnus suoritettiin siten, että tarkastelupisteen ruutu oli kohtisuorassa tarkasteltavaa tuulivoimalaa kohden ("Green house" mode).

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 (Taulukko 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

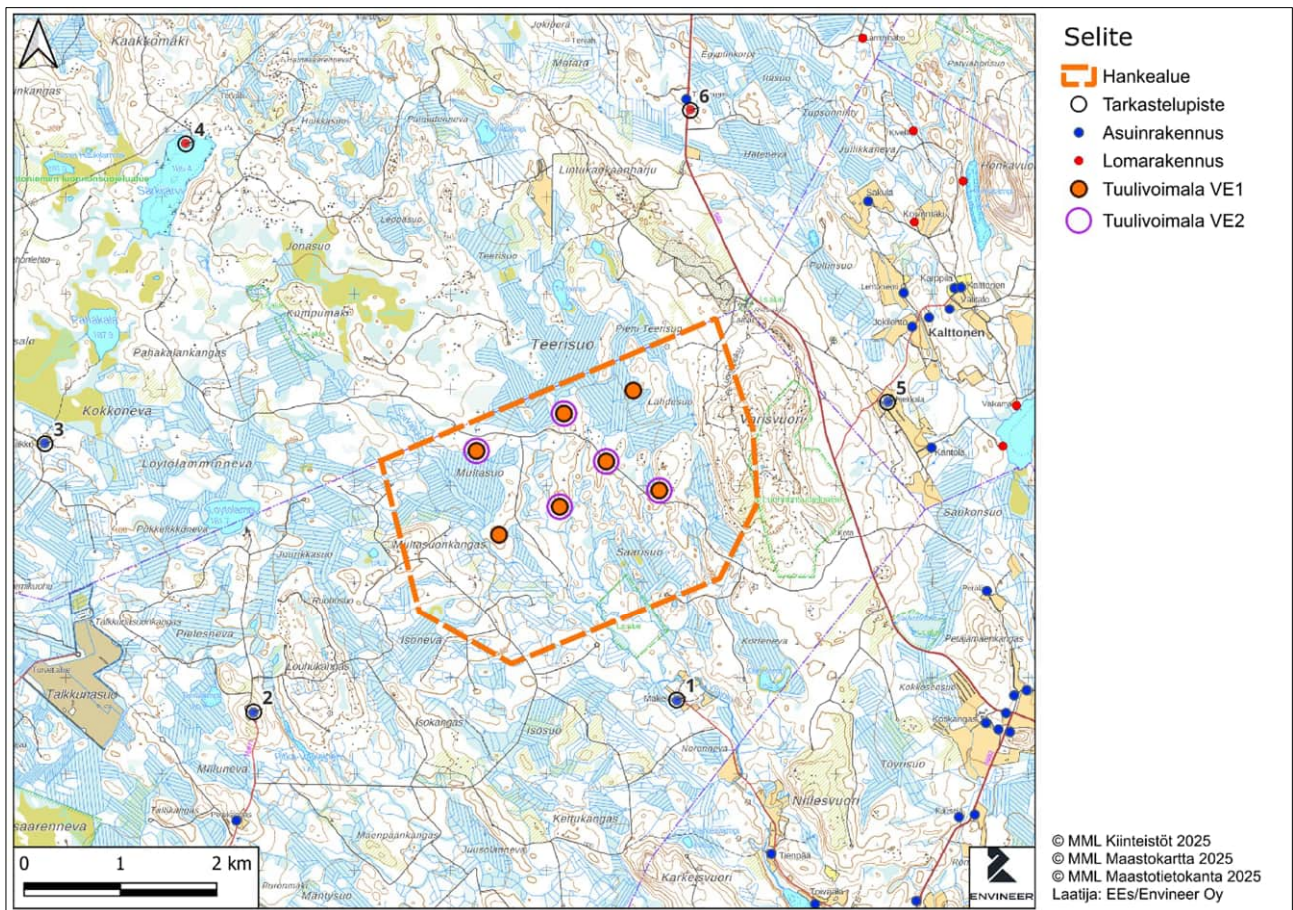
Tuulisuustietoina käytettiin Suomen Tuuliatlaksen tuulisuustietoja 200 metrin korkeudella esiintyvistä vuotuisesta keskiarvosta Varisvuoren tuulivoimahankkeen alueelta. Tuulisuustietojen perusteella laskettiin tuulivoimaloiden vuotuinen toiminta-aika (arvio) eri tuulensuuntien sektoreissa, joka on esitetty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

Taulukko 5. Varisvuoren tuulivoimahankkeen vuotuinen toiminta-aikojen arvio tunneittain eri tuulensuunnan sektoreissa.

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Yht.
487	399	419	399	582	844	943	1 102	1 030	979	706	869	8 760

4 TARKASTELUPISTEET

Tuulivoimaloiden ympäristöstä valittiin yhteensä kuusi (6 kpl) lähintä asuin- ja vapaa-ajan kiinteistöä, joiden alueella kokonaismelutasoja ja matalataajuisen melun altistumista sekä välkevaikutuksia tarkasteltiin tarkemmin. Lähin asuin- ja vapaa-ajan rakennus sijaitsee noin 2,2 km etäisyydellä tuulivoimaloista hankealueen eteläpuolella. Lähimpien asuin- ja vapaa-ajan rakennusten ja tarkastelupisteiden sijainnit on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1).



Kuva 1. Hankealuetta lähimpien vakituisten ja vapaa-ajan rakennusten sekä melu- ja välkevaikutuksien tarkastelupisteiden sijainnit.

5 TULOKSET

5.1 Melu

5.1.1 Keskiäänitaso

Mallinnusten perusteella laaditut melukartat hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaisissa tilanteissa on esitetty liitteessä 2. Mallinnustulosten perusteella Varisvuoren tuulivoimahankkeen aiheuttamat ulkomelutasot tarkastelupisteissä eivät ylitä yöajan ohjearvoa 40 dB. Luonnonsuojelualueisiin sovelletaan virkistysalueita koskevaa melun ohjearvoa 45 dB, jonka alle mallinnetut keskiäänitasot jäävät. Suurimmat ulkomelutasot ovat lähimmässä, eteläpuolella sijaitsevassa tarkastelupisteessä 1

(kiinteistötunnus 601-406-34-0), jossa ulkomelutaso hankevaihtoehdon VE1 mukaisessa tilanteessa on 30 dB ja hankevaihtoehdon VE2 mukaisessa tilanteessa 29 dB. Keskiäänitasot tarkastelupisteissä on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 6).

Taulukko 6. Keskiäänitasot (L_{Aeq}) tarkastelupisteissä hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaisissa tilanteissa.

Tarkastelupiste		Kiinteistötunnus	Keskiäänitaso tarkastelupisteessä hankevaihtoehdossa VE1 (dB)	Keskiäänitaso tarkastelupisteessä hankevaihtoehdossa VE2 (dB)
1	Asuinrakennus	601-406-34-0	30	29
2	Asuinrakennus	601-406-195-1	25	23
3	Asuinrakennus	626-401-50-0	21	19
4	Lomarakennus	626-402-13-14	22	21
5	Asuinrakennus	595-406-2-195	28	27
6	Lomarakennus	626-402-109-35	26	24

5.1.2 Matalataajuinen melu

Matalataajuisen melun mallinnus tehtiin Varisvuoren tuulivoimahankkeelle ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti pisteestä pisteeseen tarkasteluna. Matalataajuinen sisämelutaso oktaavikaistoittain ilman taajuuspainotusta on esitetty tarkastelupisteittäin hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 seuraavissa taulukoissa (Taulukko 7 - Taulukko 8). Taulukossa on esitetty myös asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaisissa tilanteissa kaikissa tarkastelupisteissä matalataajuisen melun tasot alittavat asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Taulukko 7. Asumisterveysasetuksen yöaikaisen matalataajuisen sisämelutason toimenpiderajat oktaavikaistoittain sekä sisämelutasot oktaavikaistoittain tarkastelupisteissä hankevaihtoehdon VE1 mukaisessa tilanteessa.

Kaista (Hz)	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Yöajan L_{eq} , 1 h (dB)	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Tarkastelupiste 1	41,1	38,7	36,3	33,6	30,6	28,1	23,3	19,9	16,5	10,5	6,2
Tarkastelupiste 2	37,5	35,1	32,7	30,0	26,9	24,4	19,6	16,0	12,4	6,1	1,6
Tarkastelupiste 3	35,0	32,6	30,2	27,5	24,4	21,7	16,9	13,2	9,4	2,9	-2,0
Tarkastelupiste 4	35,4	33,0	30,5	27,8	24,7	22,1	17,2	13,6	9,8	3,3	-1,5
Tarkastelupiste 5	39,6	37,2	34,8	32,1	29,0	26,5	21,8	18,3	14,8	8,7	4,3
Tarkastelupiste 6	38,1	35,7	33,3	30,6	27,5	25,0	20,2	16,6	13,1	6,8	2,3

Taulukko 8. Asumisterveysasetuksen yöaikaisen matalataajuisen sisämelutason toimenpiderajat oktaavikaistoittain sekä sisämelutasot oktaavikaistoittain tarkastelupisteissä hankevaihtoehdon VE2 mukaisessa tilanteessa.

Kaista (Hz)	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Yöajan L_{eq} , 1 h (dB)	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Tarkastelupiste 1	39,8	37,4	35,0	32,3	29,3	26,8	22,1	18,6	15,2	9,2	5,0
Tarkastelupiste 2	35,8	33,4	31,0	28,3	25,2	22,6	17,8	14,3	10,6	4,4	-0,3
Tarkastelupiste 3	33,6	31,1	28,7	26,0	22,9	20,3	15,4	11,7	7,9	1,4	-3,5
Tarkastelupiste 4	34,0	31,6	29,1	26,4	23,3	20,7	15,8	12,2	8,4	2,0	-2,9
Tarkastelupiste 5	38,1	35,7	33,3	30,6	27,6	25,0	20,3	16,8	13,3	7,2	2,8
Tarkastelupiste 6	36,4	34,0	31,6	28,9	25,8	23,3	18,5	14,9	11,3	5,1	0,5

5.2 Välke

Tuulivoimaloiden todellisten välketuntien vuotuiset määrät ja päivittäiset välkeajat minuutteina on esitetty karttakuvalla liitteessä 3. Tarkastelupisteiden tulokset ja vertailu ohjearvoihin on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 9).

Taulukko 9. Real case-välkemallinnuksen vuotuiset ja päiväkohtaiset välkeajat hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaisissa tilanteissa sekä 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)
1	0:00	0	Alle	Alle
2	0:00	0	Alle	Alle
3	0:00	0	Alle	Alle
4	0:00	0	Alle	Alle
5	0:00	0	Alle	Alle
6	0:00	0	Alle	Alle

Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaisissa tilanteissa kaikissa tarkastelupisteissä välkevarjostusaika vuodessa on 0:00 ja päiväkohtainen välkevarjostusaika 0 min, jolloin kaikki arvot alittavat tavoitearvot selkeästi.

5.3 Epävarmuus

Tuulivoimaloiden melupäästön leviäminen ympäristöön riippuu erityisesti tuulisuuden, taustamelun sekä sääilmiöiden vaikutuksesta. Leviämiseen vaikuttavat myös pinnanmuodot ja

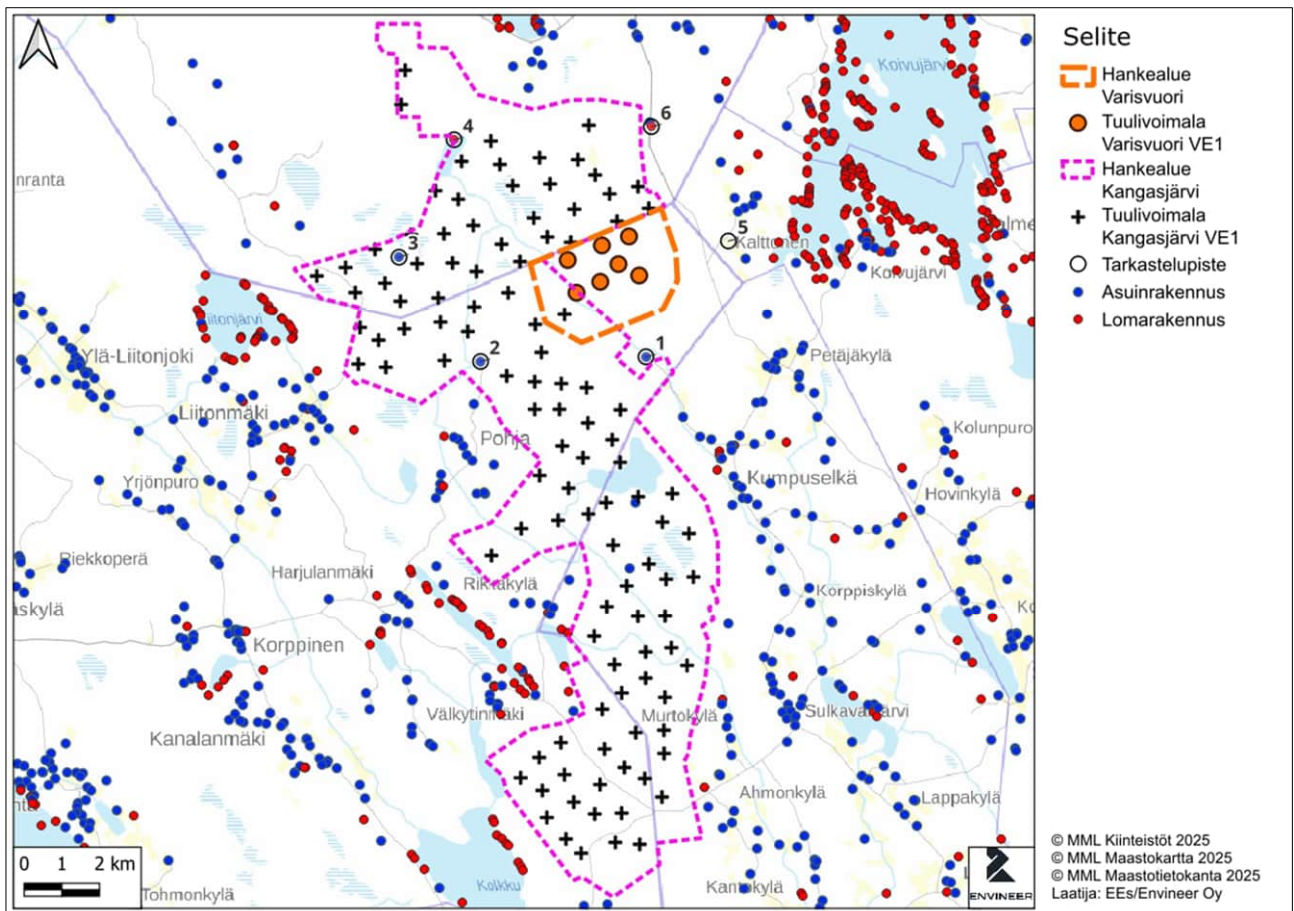
kasvillisuus. Tuulivoimaloiden lukumäärä, niiden etäisyys toisiinsa ja tuulen nopeus vaikuttavat melupäästöön monin tavoin, kuten melun voimakkuuteen, taajuuteen ja ajalliseen vaihteluun. Voimakkaimmin melun leviämiseen vaikuttavat tuulensuunta ja -nopeus. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja 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. Varisvuoren hankealueella vallitsevat tuulensuunnat ovat lounaasta, lännestä ja etelästä.

Välkevaikutus riippuu voimakkaasti tuulivoimaloiden toiminta-ajoista, auringonpaisteen määrästä ja suunnasta sekä puuston suojaavasta vaikutuksesta, joten vaikutukset voivat vaihdella eri vuosina.

6 YHTEISVAIKUTUKSET

Yhteisvaikutusten arviointia varten arvioitiin Varisvuoren tuulivoimahankkeen ja läheisen, suunnitteilla olevan Kangasjärven tuulivoimahankkeen (Kuva 2) toiminnan aikaisia melun yhteisvaikutuksia. Kummastakin hankkeesta huomioitiin eniten tuulivoimaloita sisältänyt hankevaihtoehto (Varisvuori VE1 7 voimalaa, Kangasjärvi VE1 111 voimalaa).

Yhteistilanteen mallinnuksessa on käytetty Varisvuoren tuulivoimalatyypinä Siemens Gamesa 6.6-155 turbiinityypin äänitehotasoa 107 dB(A), jonka tarkemmat tiedot on esitetty tämän selostuksen kappaleessa 2.3. Kangasjärven tuulivoimalatyypinä on käytetty Vestas 7.2 MW turbiinityypin äänitehotasoa 106,9 dB(A) ja valmistajan ilmoittamaa oktaavijakaumaa. Mallinnuksessa käytetty melupäästö ja oktaavijakauma ovat turbiininvalmistajan 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.



Kuva 2. Varisvuoren hankealuetta lähin, yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioitu tuulivoimahanke.

6.1 Melu

Mallinnusten perusteella laadittu melukartta yhteisvaikutustilanteessa on esitetty liitteessä 4. Mallinnustulosten perusteella Varisvuoren ja Kangasjärven tuulivoimahankkeiden aiheuttama ulkomelutaso tarkastelupisteessä 5 on 39 dB eikä siten ylitä ohjearvoa 40 dB. Muissa tarkastelupisteissä melutasot ovat 43–51 dB ja ylittävät ohjearvon 40 dB. Luonnonsuojelualueisiin sovelletaan virkistysalueita koskevaa melun ohjearvoa 45 dB, jonka alle mallinnetut keskiäänitasot jäävät Rillankiven ulkoilureitillä lukuun ottamatta reitin luoteisosaa, jossa melutaso ylittää ohjearvotason. Ohjearvotaso ylittyy myös Varisvuori-Louhukangas-Saukonlähde Natura 2000-alueen Louhukankaan osa-alueella, joka sijaitsee Kangasjärven tuulivoimahankkeen alueella. Suurin ulkomelutaso on Kangasjärven hankealueella sijaitsevassa tarkastelupisteessä 4, jossa ulkomelutaso yhteisvaikutustilanteessa on 53 dB. Yhteisvaikutusten keskiäänitasot tarkastelupisteissä on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 10).

Taulukko 10. Keskiäänitasot tarkastelupisteissä yhteisvaikutustilanteessa.

Tarkastelupiste		Kiinteistötunnus	Keskiäänitaso tarkastelupisteessä yhteisvaikutustilanteessa (dB)	Keskiäänitason vertailu (< 40 dB)
1	Asuinrakennus	601-406-34-0	43	Yli
2	Asuinrakennus	601-406-195-1	48	Yli
3	Asuinrakennus	626-401-50-0	51	Yli
4	Lomarakennus	626-402-13-14	48	Yli
5	Asuinrakennus	595-406-2-195	38	Alle
6	Lomarakennus	626-402-109-35	42	Yli

Matalataajuisen melun yhteisvaikutusmallinnus tehtiin Varisvuoren tuulivoimahankkeelle ja Kangasjärven tuulivoimahankkeelle ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti pisteestä pisteeseen tarkasteluna. Matalataajuinen sisämelutaso oktaavikaistoittain ilman taajuuspainotusta on esitetty tarkastelupisteittäin seuraavassa taulukossa (Taulukko 11). Taulukossa on esitetty myös asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat. Yhteisvaikutusmallinnuksen mukaisessa tilanteessa tarkastelupisteessä 3 toimenpideraja ylittyy taajuuksilla 50–80 Hz ja tarkastelupisteessä 2 taajuuden 50 Hz äänitaso on toimenpiderajan tasalla. Muissa tarkastelupisteissä toimenpiderajat alittuvat kaikilla taajuuksilla.

Taulukko 11. Asumisterveysasetuksen yöaikaisen matalataajuisen sisämelutason toimenpiderajat oktaavikaistoittain sekä mallinnetut sisämelutasot oktaavikaistoittain tarkastelupisteissä yhteisvaikutustilanteessa. Toimenpiderajan ylittävät matalataajuiset sisämelutasot korostettu punaisella.

Kaista (Hz)	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Yöajan L_{eq} , 1 h (dB)	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Tarkastelupiste 1	47,3	45,6	43,9	42,3	40,5	38,2	35,2	31,5	27,1	21,2	17,3
Tarkastelupiste 2	50,0	48,4	46,8	45,5	43,9	41,7	38,8	35,2	31,0	25,4	21,9
Tarkastelupiste 3	51,5	50,0	48,5	47,1	45,6	43,4	40,6	37,1	33,0	27,5	24,2
Tarkastelupiste 4	48,9	47,3	45,7	44,3	42,8	40,6	37,7	34,1	30,0	24,4	20,9
Tarkastelupiste 5	44,5	42,7	40,9	39,2	37,3	35,0	31,7	27,9	23,4	17,2	12,9
Tarkastelupiste 6	45,6	43,9	42,3	40,7	39,0	36,7	33,7	30,0	25,7	19,8	16,0

6.2 Välke

Tuulivoimaloiden todellisten välketuntien vuotuiset määrät ja päivittäiset välkeajat minuutteina yhteisvaikutustilanteessa on esitetty karttakuvalla liitteessä 5. Tarkastelupisteiden tulokset ja vertailu ohjearvoihin on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 12).

Taulukko 12. Real case-välkemallinnuksen vuotuiset ja päiväkohtaiset välkeajat yhteisvaikutustilanteessa sekä 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)
1	4:02	5,20	Alle	Alle
2	41:32	20,54	Yli	Alle
3	104:48	40,02	Yli	Yli
4	40:31	21,89	Yli	Alle
5	0:00	0,00	Alle	Alle
6	5:07	7,43	Alle	Alle

Yhteisvaikutustilanteessa tarkastelupisteessä 5 välkevarjostusaika vuodessa on 0 tuntia ja päiväkohtainen välkevarjostusaika 0 min, jolloin arvot alittavat tavoitearvot selkeästi. Muissa tarkastelupisteissä vuotuinen ja päiväkohtainen välke aika vaihtelee ja on suurimmillaan tarkastelupisteessä 3, jossa vuotuinen välke aika on 104 tuntia 48 minuuttia ja päiväkohtainen välke aika 40,02 minuuttia. Vuotuinen välkevaikutuksien tavoitearvo 8 h ylittyy tarkastelupisteissä 2–4 ja päiväkohtainen tavoitearvo 30 min tarkastelupisteessä 3.

LÄHTEET

Boverket. (2009). *Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden*.

FCG Finnish Consulting Group Oy. (2023). *Kämpäkankaan tuulivoimahanke. Melu- ja varjostusmallinnusraportti*.

Ilmatieteen laitos. (2012). *Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010* (Raportteja 2012:1).

Ilmatieteen laitos. (2009) Suomen tuuliatlas. Viitattu 16.4.2025 <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>

Keränen, J., Hakala, J. Hongisto, V. (2019). *Building and Environment, Volume 156. The sound insulation of facades at frequencies 5–5000 Hz*.

Maanmittauslaitos. (2024). Karttakuvapalvelu WMS (sopimus) ja WMTS (sopimus). (Maastokartta, Taustakartta). Viitattu 20.2.2025.

Maanmittauslaitos. (2024). Maastotietokanta. Viitattu 20.2.2025
<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/aineistot-ja-rajapinnat/tuotekuvaukset/maastotietokanta>

Siemens Gamesa. (2022). Standard Acoustic Emission document. Acoustic Emission for AM0 SG 6.6-155, Rev. 0.

Sosiaali- ja terveysministeriö (STM). (2015). *Asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista* (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*.

Valtioneuvosto. (2015). *Asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista* (1107/ 2015).

Vestas. (2022). V172-7.2MW DMS no. 0128-4336_00.

Ympäristöhallinto. (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Ympäristöhallinto. (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. (Ympäristöhallinnon ohje 5/2016).

LIITTEET

LIITE 1. MELUMALLINNUKSEN LÄHTÖTIETOJEN YHTEENVETO

Raportoijan tiedot	
Raportin hyväksyntä päivämäärä:	
Laatija: Erja Eskelinen	Hyväksyjä: Janne Nissinen
Mallinnusohjelmantiedot	
Mallinnusohjelma ja versio: EMD WindPRO 4.1 Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	

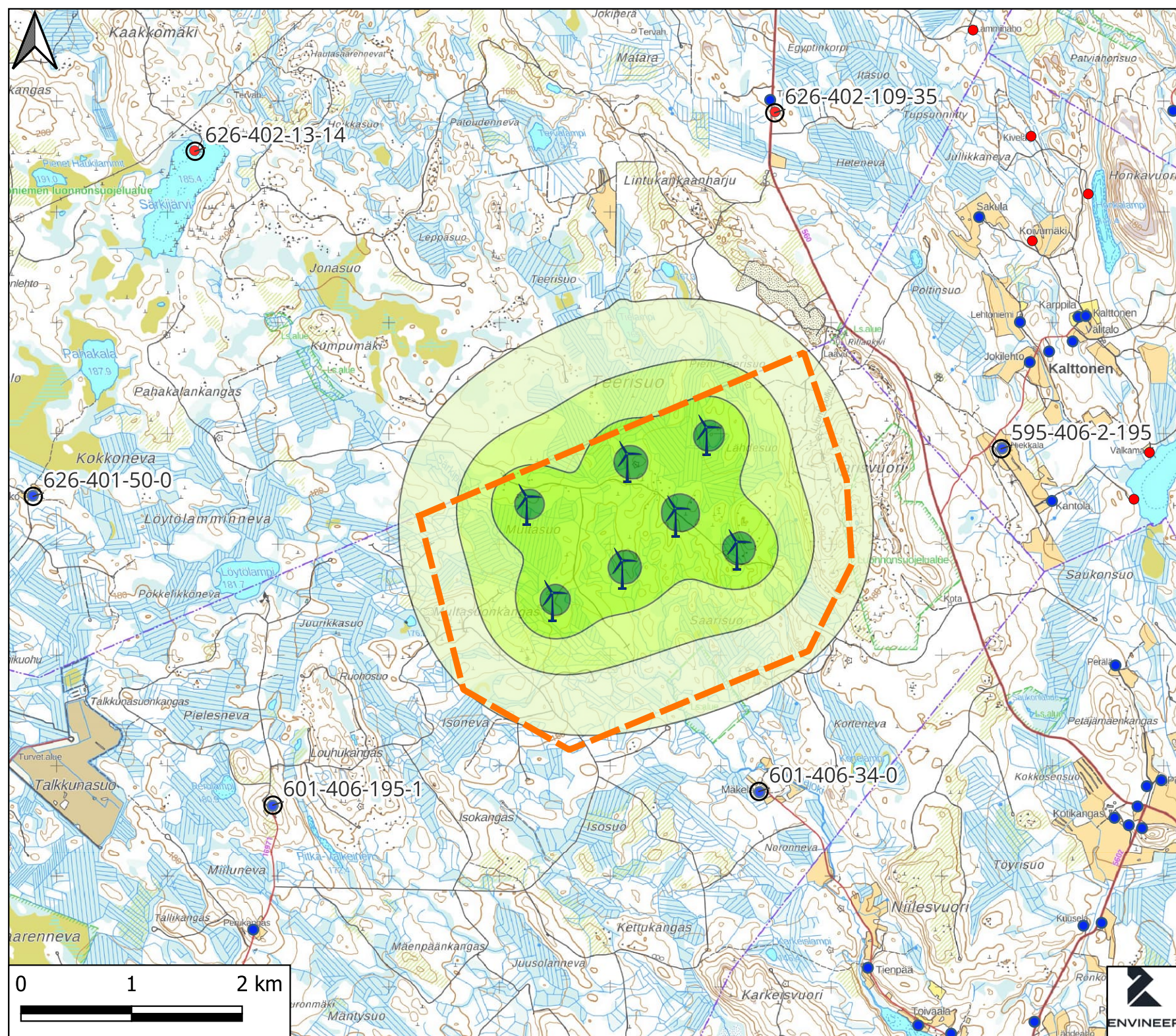
Tuulivoimalan/tuulivoimaloiden tiedot		
Valmistaja: Siemens Gamesa	Tyyppi: SG6.6-155	
Nimellisteho: 6.6 MW	Napakorkeus: 184 m	Roottorin halkaisija: 155 m
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana: Kyllä		

Laskennan lähtötiedot			
Laskentakorkeus: 4 m		Suhteellinen kosteus: 70 %	Lämpötila: 15 °C
Maastomallin lähde: MML		Pystyresoluutio: 0,3 m	Ilmanpaine:101,325kPa
Maan absorptio ja heijastuksen huomioimiseen käytetyt kertoimet:			
Vesi-alueet:	Maa-alueet	Muut alueet:	
0	0,4	-	

Akustiset lähtötiedot										
Oktaaveittain (Hz), dB										
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
88,1	94,3	99,3	99,6	101,3	100,9	95,0	78,1			
Matalataajuisen melun lähtötiedot										
20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
63,7	68,1	72,1	75,6	78,5	82,0	83,5	86,4	89,5	90,8	91,4
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen										
Vapaa avaruus: Kyllä					Muu, mikä? -					

Laskennan tulokset	
Laskentavaihtoehdot: 2 kpl	
Matalataajuisen melun laskentataulukot: 2 kpl Reseptoripisteet: 6 kpl	
Melulle altistuvat asuin- ja lomakohteet, 0 lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)	
Yli 40 dB(A) yöhykkeellä: 0 kpl Yli 45 dB(A):n yöhykkeellä: 0 kpl	
Matalataajuisen melun tulokset: Kaikki tulokset alle asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen	

LIITE 2



Selite

- Hankealue
- Tuulivoimala
- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Mallinnettu keskiäänitaso

- 35-40 dB
- 40-45 dB
- 45-50 dB
- 50-55 dB

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu melun keskiäänitaso
(L_{Aeq}) hankevaihtoehdon VE1
mukaisessa tilanteessa.

Siemens Gamesa
SG6.6-155 x 7, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy



Selite

-  Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

Mallinnettu keskiäänitaso

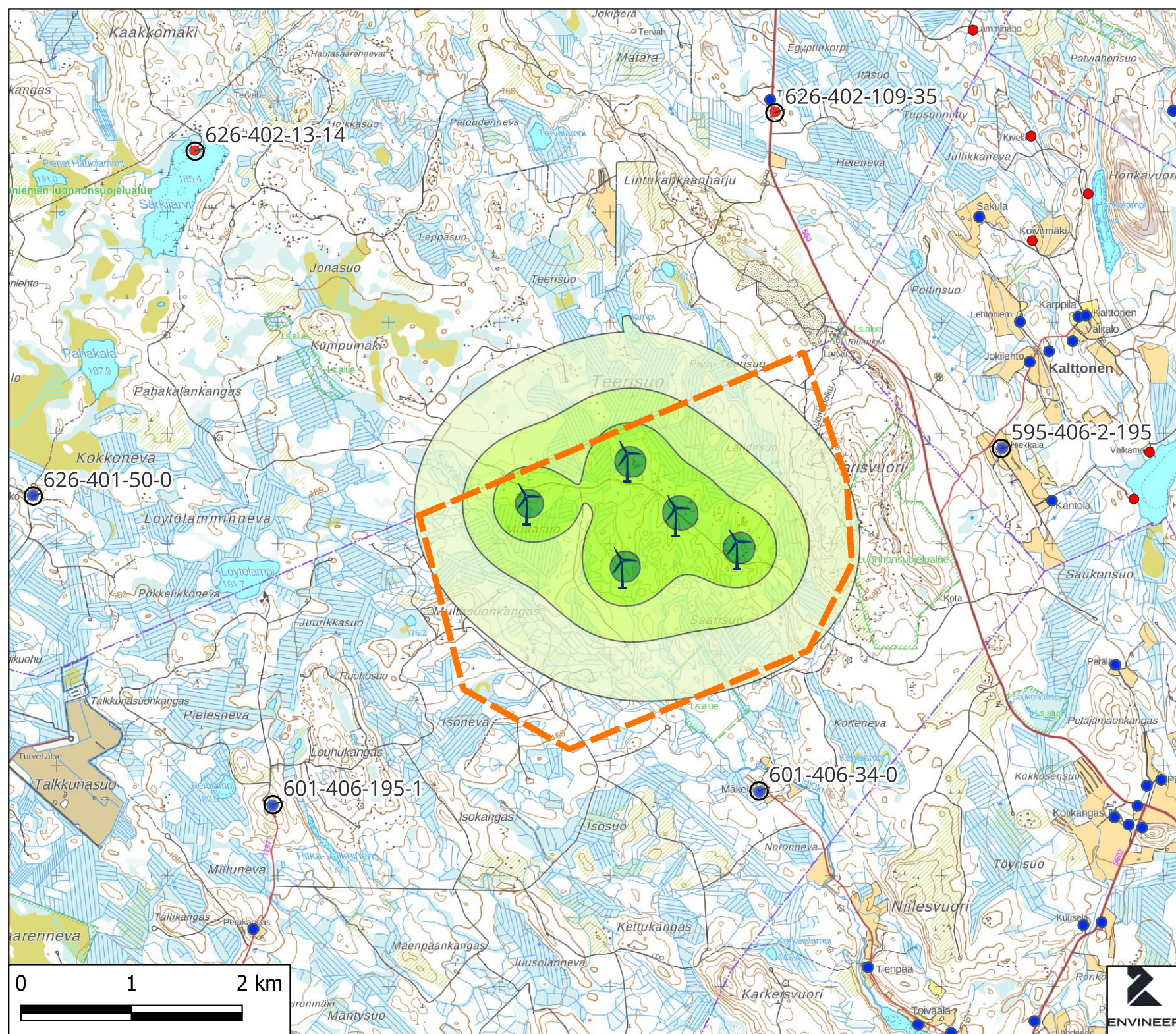
-  35-40 dB
-  40-45 dB
-  45-50 dB
-  50-55 dB

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu melun keskiäänitaso
(L_{Aeq}) hankevaihtoehdon VE2
mukaisessa tilanteessa.

Siemens Gamesa
SG6.6-155 x 5, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy



LIITE 3

Selite

-  Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

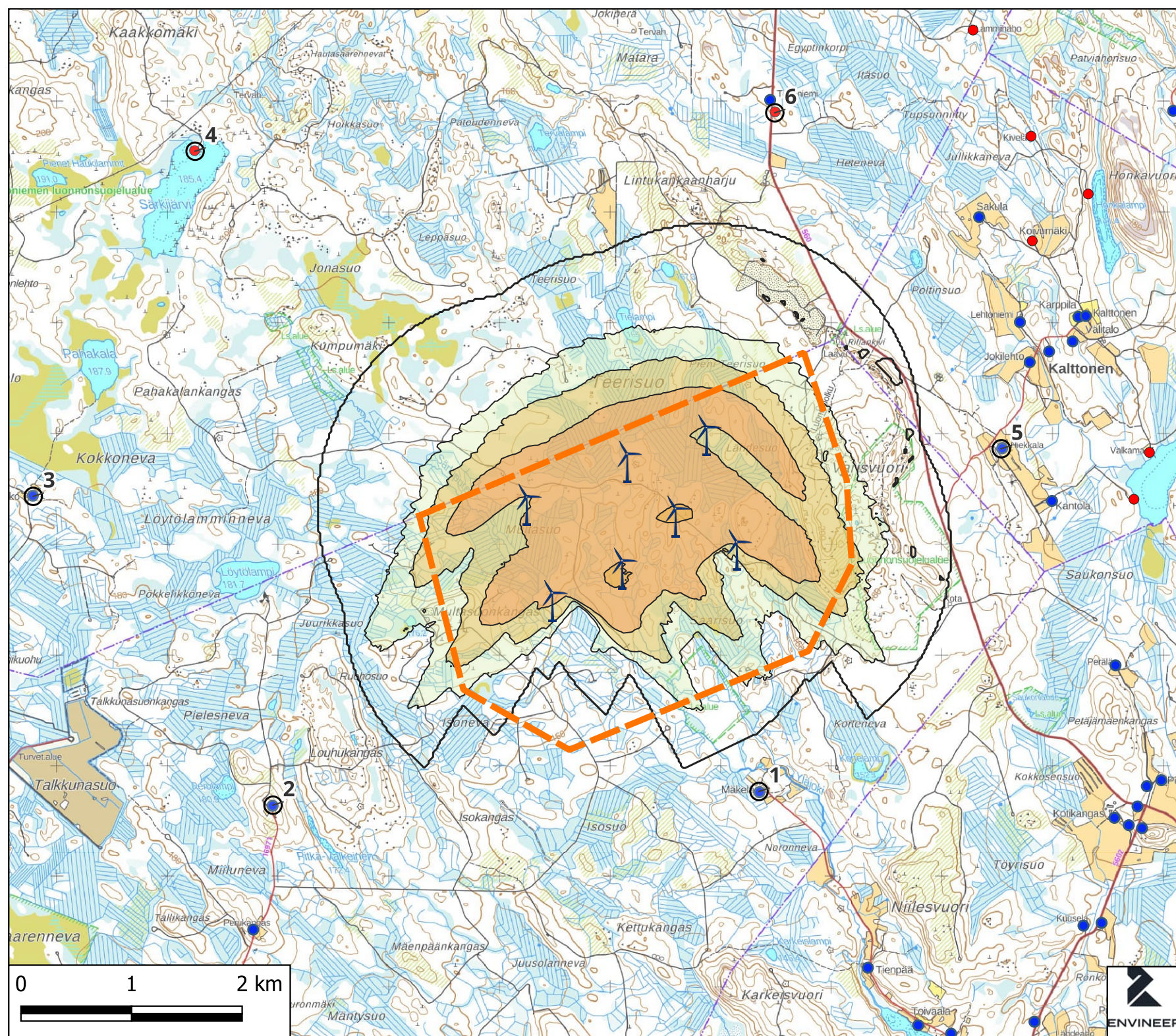
-  0-8 h/a
-  8-15 h/a
-  15-30 h/a
-  > 30 h/a

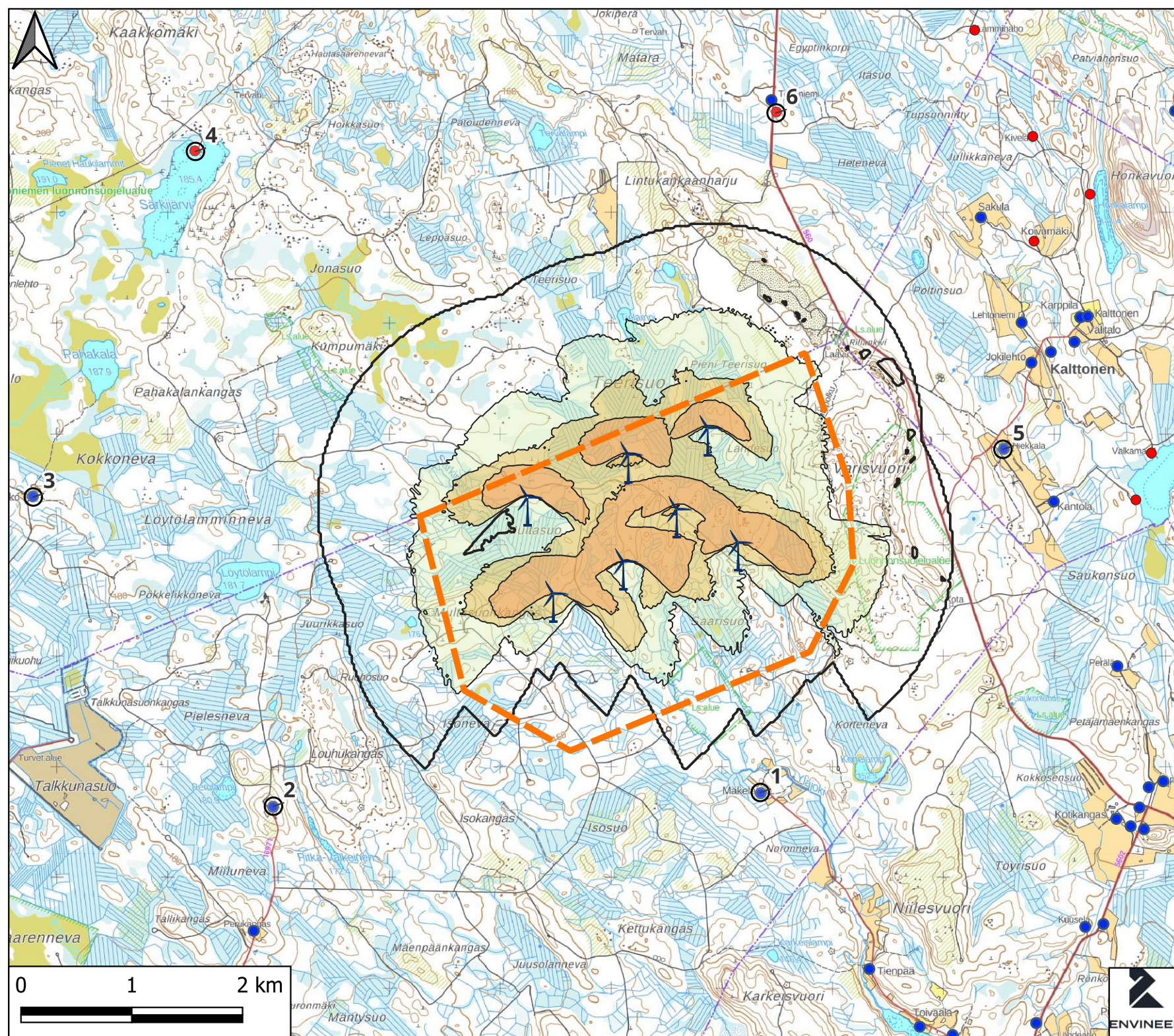
Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
hankevaihtoehdon VE1
mukaisessa tilanteessa.

Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy





Selite

-  Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-10 min/d
-  10-20 min/d
-  20-30 min/d
-  > 30 min/d

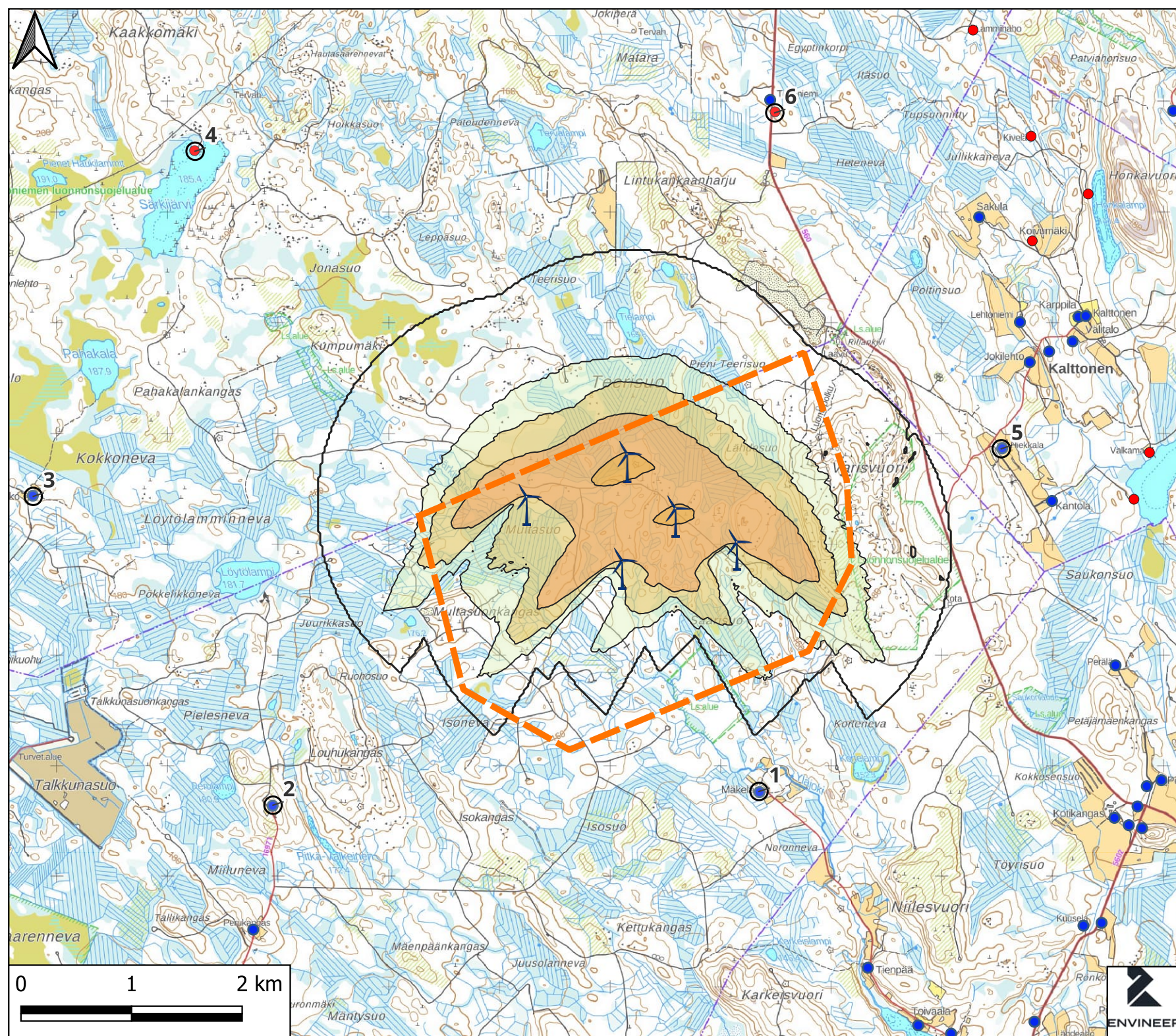
Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
hankevaihtoehtoon VE1
mukaisessa tilanteessa.

Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laati: EEs/Envineer Oy





Selite

-  Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-8 h/a
-  8-15 h/a
-  15-30 h/a
-  > 30 h/a

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
hankevaihtoehdon VE2
mukaisessa tilanteessa.

Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy

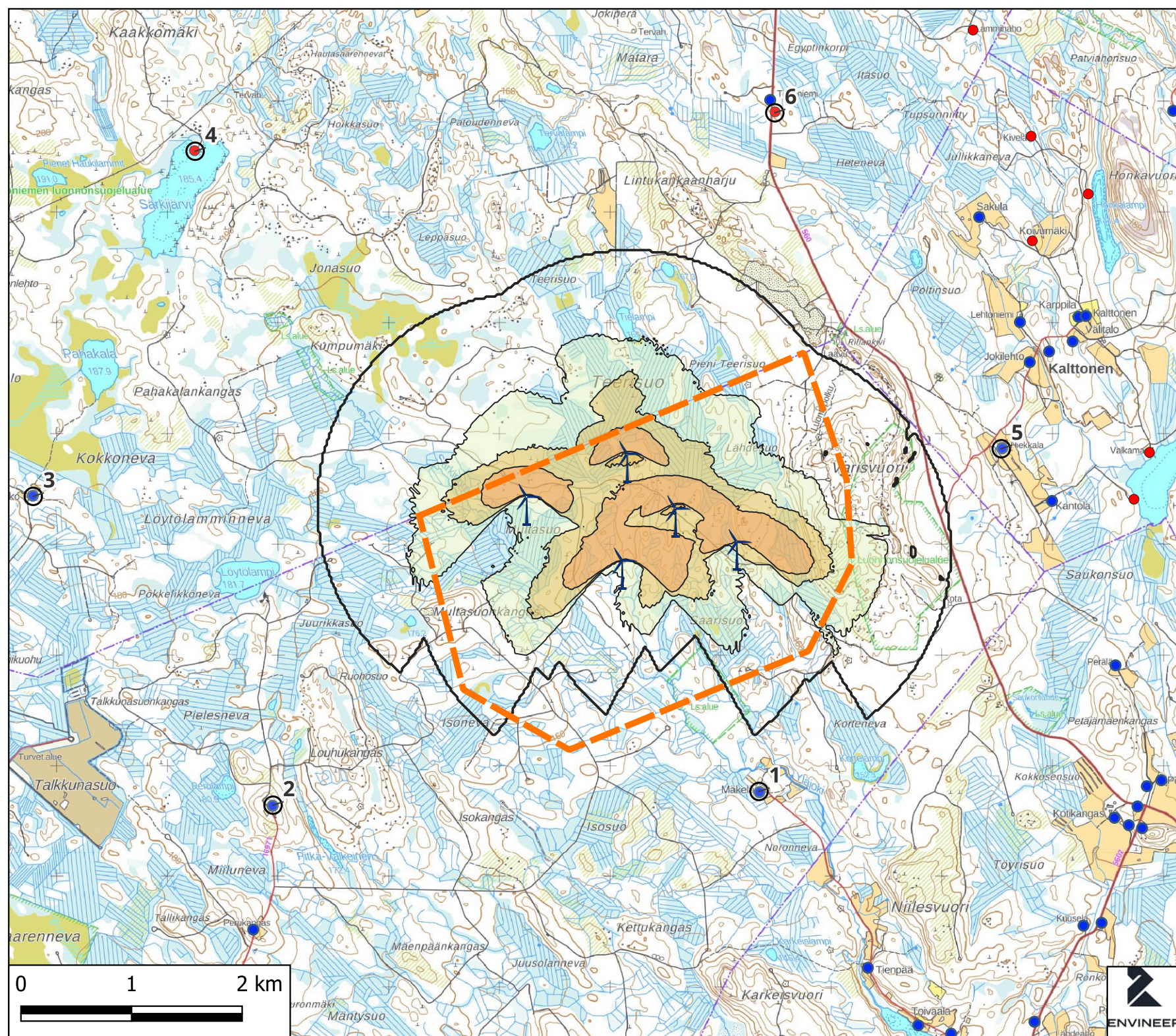


Selite

-  Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-10 min/d
-  10-20 min/d
-  20-30 min/d
-  > 30 min/d



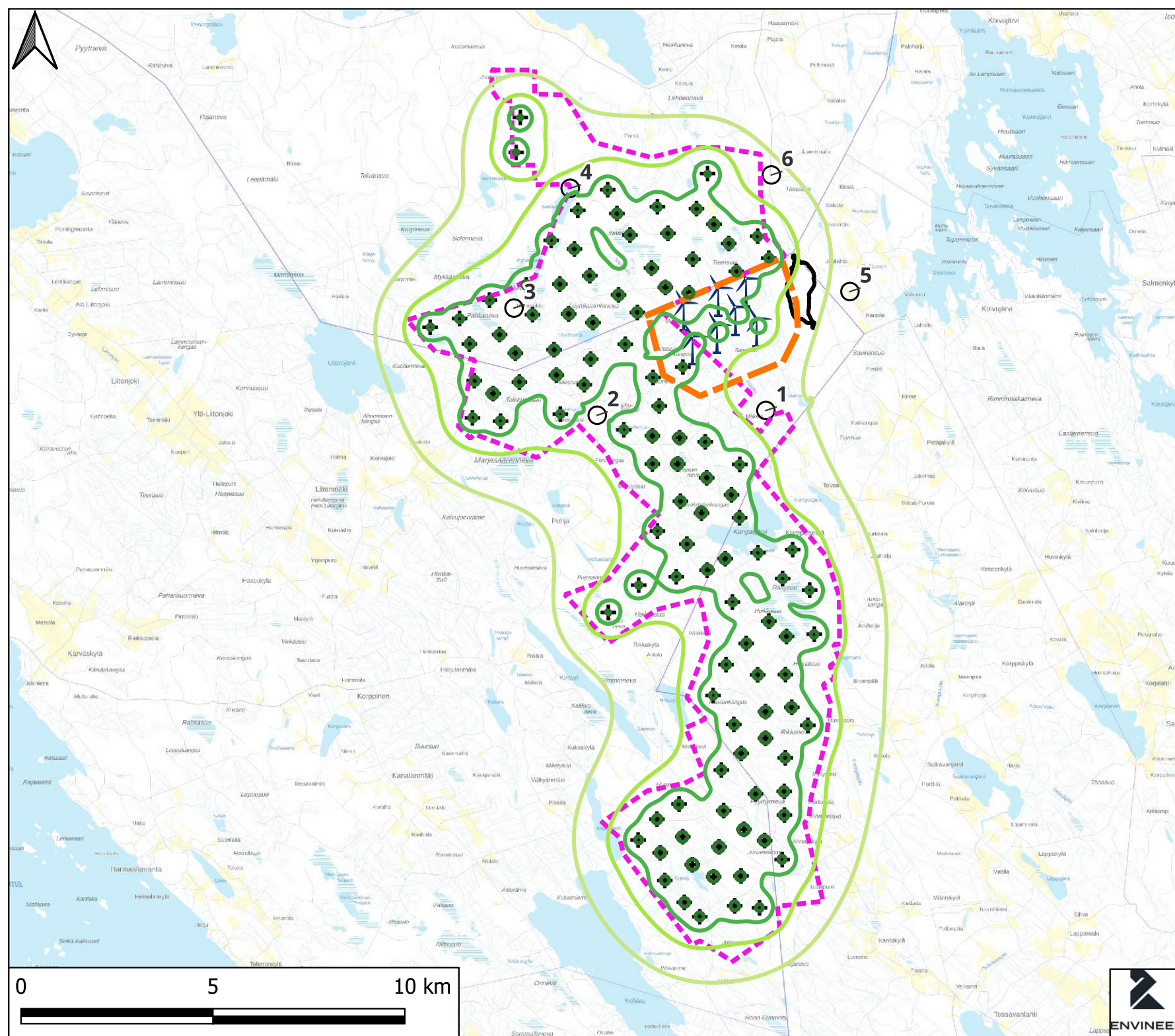
Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
hankevaihtoehdon VE2
mukaisessa tilanteessa.

Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

© MML Maastokartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy

LIITE 4



Selite

- Hankealue Varisvuori
- Hankealue Kangasjärvi
- Tuulivoimala Varisvuori
- Tuulivoimala Kangasjärvi
- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Rillankiven ulkoilureitti

Mallinnettu keskiäänitaso

- 40 dB
- 45 dB
- 50 dB
- 55 dB

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu melun keskiäänitaso
(L_{Aeq}) yhteisvaikutustilanteessa.

Varisvuori VE1
Siemens Gamesa
SG6.6-155 x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m



© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy

Selite

-  Hankealue Varisvuori
-  Hankealue Kangasjärvi
-  Tuulivoimala Varisvuori
-  Tuulivoimala Kangasjärvi
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

 Rillankiven ulkoilureitti

 Natura 2000-alue

Mallinnettu keskiäänitaso

 40 dB

 45 dB

 50 dB

 55 dB

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu melun keskiäänitaso
(L_{Aeq}) yhteisvaikutustilanteessa.

Varisvuori VE1
Siemens Gamesa
SG6.6-155 x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m

© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy



LIITE 5

Selite

-  Hankealue
-  Hankealue Kangasjärvi
-  Tuulivoimala
Varisvuori
-  Tuulivoimala
Kangasjärvi
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-8 h/a
-  8-15 h/a
-  15-30 h/a
-  > 30 h/a

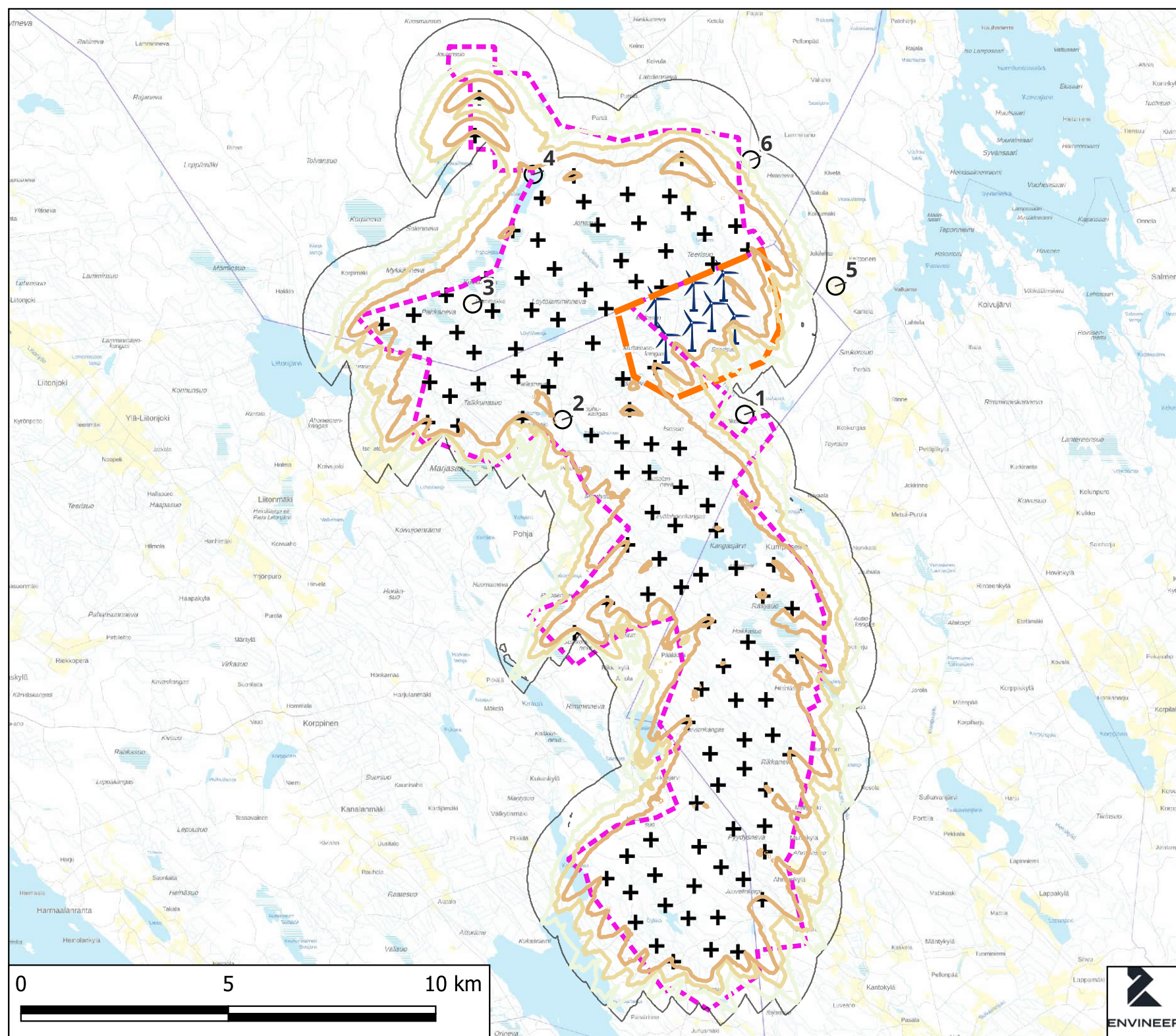
Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
yhteisvaikutustilanteessa
Kangasjärven ja Varisvuoren
tuulivoimahankkeiden
hankevaihtoehtojen VE1
mukaisessa tilanteessa.

Varisvuori VE1
Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m

© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy



Selite

-  Hankealue Varisvuori
-  Hankealue Kangasjärvi
-  Tuulivoimala Varisvuori
-  Tuulivoimala Kangasjärvi
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-8 h/a
-  8-15 h/a
-  15-30 h/a
-  > 30 h/a

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

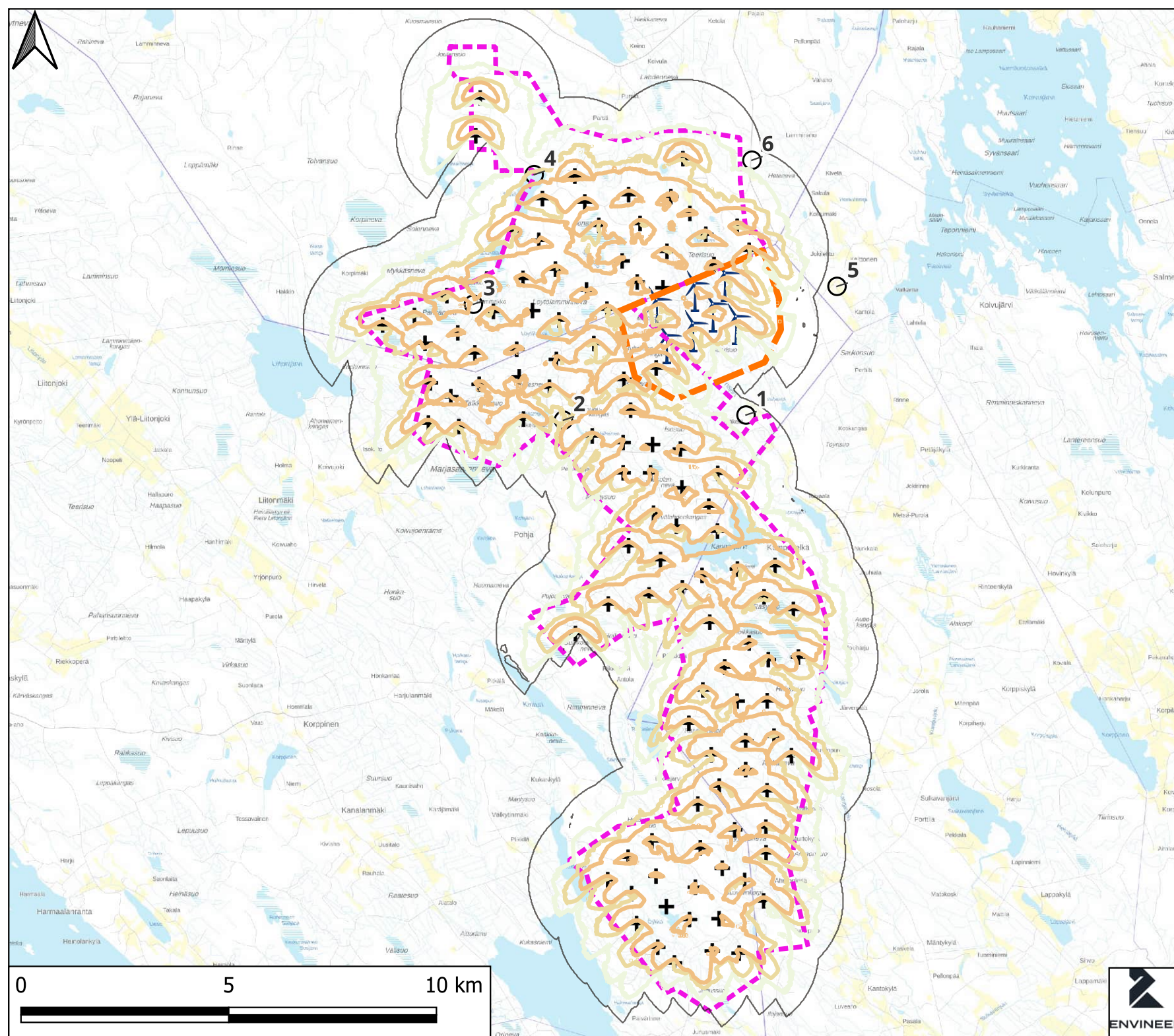
Mallinnettu välkevaikutus
yhteisvaikutustilanteessa
Kangasjärven ja Varisvuoren
tuulivoimahankkeiden
hankevaihtoehtojen VE1
mukaisessa tilanteessa.

Varisvuori VE1
Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m

© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy





Selite

- Hankealue
- Hankealue Kangasjärvi
- Tuulivoimala Varisvuori
- Tuulivoimala Kangasjärvi
- Tarkastelupiste
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

- 0-10 min/d
- 10-20 min/d
- 20-30 min/d
- > 30 min/d

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus yhteisvaikutustilanteessa Kangasjärven ja Varisvuoren tuulivoimahankkeiden hankevaihtoehtojen VE1 mukaisessa tilanteessa.

Varisvuori VE1
Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m



© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy

Selite

-  Hankealue Varisvuori
-  Hankealue Kangasjärvi
-  Tuulivoimala
-  Varisvuori
-  Kangasjärvi
-  Tarkastelupiste
-  Asuinrakennus
-  Lomarakennus

"Real case" -välkevaikutus

-  0-10 min/d
-  10-20 min/d
-  20-30 min/d
-  > 30 min/d

Eurowind Energy Oy
Varisvuoren tuulivoimahanke

Mallinnettu välkevaikutus
yhteisvaikutustilanteessa
Kangasjärven ja Varisvuoren
tuulivoimahankkeiden
hankevaihtoehtojen VE1
mukaisessa tilanteessa.

Varisvuori VE1
Vestas
7.2 MW x 7, HH 184 m

Kangasjärvi VE1
Vestas
7.2 MW x 111, HH 200 m

© MML Taustakartta 2025
© MML Maastotietokanta 2025
Laatija: EEs/Envineer Oy





envineer.fi