



MELUSELVITYS

Kuoringin Tuulipuisto

22.11.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA	4
3	MELU.....	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Melun muodostuminen	5
4	MELUN OHJEARVOT	7
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	7
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	7
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	8
5.1	Lähtötiedot.....	8
5.2	Menetelmät	9
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	11
6.1	Nykytilanne	11
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	11
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	12
6.4	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	13
6.5	Pienitaajuinen melu	14
6.6	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	14
6.7	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	15
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	15
8	LÄHTEET	16
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, KUORINKI	17
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	19
	Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: yhteisvaikutukset.....	20

Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Kuorinki	21
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset	23
Liite 5: Sijoitussuunnitelmat	26

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2023-09-12	Christian Granlund	Christian Granlund	Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston meluselvitys.
Ver 2	Elina Sippola, 2024-11-22	Arina Makarova	Arina Makarova	Kuoringin tuulivoimapuiston meluselvitys (Kaavaehdotus, 19 voimalaa).

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Kuoringin tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen suunnitteilla oleva tuulivoimapuisto Kolopetäjä-Rovavaara.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver4.0 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnus ja raportointi on tehty noudattaen ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa. Tuloksia on vertailtu valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin (Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015).

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen R-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulokset:

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Kuoringin tuulivoimapuistolle Tervolan kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 19 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty V172 7,2 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 107,8 dB(A) +2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen marraskuussa 2024 päivittämiä äänitietoja.

Edellisessä mallinnuksessa (Ver 1, syyskuu 2023) käytettiin samaa voimalatyyppiä V172 7,2 MW, voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 106,9 +2,0 dB(A) (kesäkuussa 2022 julkaistujen tietojen mukaisesti). Vestas on tämän jälkeen päivittänyt voimalan V172 7,2 MW äänitietoja (tiedot julkaistu marraskuussa 2024), ja tietojen mukaan äänitehotaso on noussut tasolle 107,8 dB(A).

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) windPRO Ver4.0 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

Naapuripuisto Kolopetäjä-Rovavaara (77 voimalaa) on huomioitu yhteisvaikutusten mallinnuksessa (kappale 6.4). Mallinnuksessa käytettiin voimalatyyppiä V172 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8+2,0 dBA ja napakorkeus 200 metriä.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioida, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dBA) on eri, kun absoluuttinen äänenvoimakkuus (dB). Absoluuttinen äänen voimakkuus sisältää kaikkien taajuuksien äänenvoimakkuuden summan, kun A-painotetussa arvossa painotetaan ihmiskorvalle herkkiä taajuuksia.

Ääni luokitellaan meluksi, jos ihminen kokee sen epämiellyttävänä tai häiritsevänä. Ihmiset kokevat meluvaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Sama ääni voidaan kokea paikasta ja henkilöstä riippuen eri tilanteissa epämiellyttäväksi meluksi, neutraaliksi ääneksi tai nautinnolliseksi ääneksi. Äänen kokemiseen vaikuttaa myös sen voimakkuus, jaksollisuus sekä taajuus.

Oleellinen vaikutus äänilähteen, kuten tuulivoimalan, meluun on taustamelulla. Taustamelu voi mm. peittää äänilähteelle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten äänen jaksollisuutta. Yleisimpiä taustamelun aiheuttajia ovat tuulen aiheuttama suhina sekä liikenteen kohina. Tuulen nopeuden kasvaessa riittävästi, peittää sen tuottama taustamelu tuulivoimalan melun alleen.

Voimakas tai häiritsevä melu voi aiheuttaa terveyshaittoja ja vaikuttaa luonnonympäristön toimintaan. Mitä lähemmäs tuulivoimaloita mennään, sitä häiritsevämpänä melu saatetaan kokea. Siksi on tärkeää tarkastella aluetta maankäytöllisestä näkökulmasta.

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu lapojen liikkeestä, sekä koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä, joista ensimmäinen on yleensä vaikutusten kannalta merkittävämpi. Äänen ominaisuudet vaihtelevat vallitsevien olosuhteiden sekä suunniteltavien voimaloiden teknisten ominaisuuksien mukaisesti. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli

puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleelliset tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Äänelle on ominaista sen vaimeneminen paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Äänenvoimakkuus vaimenee äänilähteestä kauemmas mentäessä, sillä sen sisältämä energia vähenee. Etenemiseen vaikuttavat myös ilman ominaisuudet, kuten lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Maaston muodoilla, kasvillisuudella ja tuulensuunnalla on oleellinen merkitys äänen vaimenemisessa. Selvittämällä vaimenemiseen vaikuttavat tekijät, pystytään äänen kulkua arvioimaan teoreettisesti.

Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana melu johtuu mm. teiden, tuulivoimaloiden, sähköverkon sekä muun infrastruktuurin rakentamisesta sekä alueen liikenteestä. Nämä vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia ja tilapäisiä.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista.

Äänenvoimakkuus	Esimerkki	Kommentti
130 dB	Kipukynnys	
100-120 dB	Rock-konsertti	
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen äänitaso suoraan tuulivoimalan alla
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

Asetuksessa säädetään toimivien tuulivoimaloiden aiheuttaman laskennallisen tai mitatun melutason ohjearvot. Melulle altistuvalla alueella melutaso ei saa ulkona ylittää seuraavassa taulukossa lueteltuja A-taajuuspainotetun keskiäänitason ohjearvoja. Asetus on tullut voimaan 1.9.2015.

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa.

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä 7-22	Ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä 7-22
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	45 dB	40 dB

4.2 ASUMISTERVEYSASETUKSEN TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vuodelta 2015 sisältää toimenpideraja-arvot yöaikaiselle matalataajuiselle sisämelulle. Raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joka on annettu yhden tunnin matalataajuisen melun tasolle (raja-arvot eivät ole A-painotettuja).

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle.

Kaista / Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq, 1h}$ / dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset

kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

Sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelun toimenpiderajojen alittuminen. Alalla sovelletun DSO 1284 -laskentamenetelmän mukaan rakennusten äänieristys taajuuksilla 80–200 Hz on noin 20 dB. Äänieristys vaimentaa korkeampia taajuuksia tyypillisesti tehokkaammin, jolloin taajuuksilla 200–500 Hz äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa uudisrakennusten ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö, 2018) on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaa, että jos melutaso ulkona on 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy selvästi toimenpiderajan alapuolella.

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Vestaksen käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tästä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n epävarmuusmarginaali kuten ympäristöministeriön ohjeissa vaaditaan (Ympäristöministeriö, 2016). Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin ja lopulliseen voimalatyyppiin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Kuorinki	V172 7,2 MW	200	107,8+2,0*	Käytössä
Kolopetäjä-Rovavaara	V172 7,2 MW	200	107,8+2,0	Käytössä

*Mallinnuksessa käytettiin korkeampaa äänitehotasoa verrattuna edelliseen mallinnukseen, Vestaksen marraskuussa 2024 päivittämien äänitietojen mukaisesti.

Taulukko 5. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m
Ilman lämpötila	15 °C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

Alueen korkeustietona on käytetty Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja alueen maanpeitteisyys on Suomen ympäristökeskuksen OIVA-tietokannasta. Maaston vaimentava vaikutus on huomioitu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisella kertoimella 0,4. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan.

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrinen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 13 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

Melumallinnus on suoritettu windPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla

mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

Mallinnusta tehtäessä ohjelmistoon syötetään ympäristöministeriön (2/2014) ohjeistamat parametrit sekä ISO 9613-2 standardin mukaiset lähtötiedot. Mallinnuksessa lasketaan melun leviäminen vaikutusalueella sekä hankkeesta aiheutuvat melutasot tarkastelluissa pisteissä.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty. Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmiö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyyppistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. Amplitudimodulaatiota ei mainita valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimaloiden ulkomelutasoa koskien, eikä ilmiön todentamiseksi ole olemassa vakioitua menetelmää. Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

Pienitaajuinen melulaskenta on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti, asuntojen ja vapaa-ajan asuntojen ulkopuolelta käyttäen annettua laskentakaavaa.

$$L_P = L_w - 20dB \cdot \log_{10}(d_1/1m) - 11dB + A_{gr} - A_{atm} \cdot d_2$$

missä

L_P on äänen 1/3-oktaavitaso altistuvassa kohteessa [dB]

L_w on tuulivoimalan 1/3-oktaavikaistan äänitehotaso [dB]

d_1 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [m]

A_{gr} on heijastavan pinnan tuottama korjaus [dB]

A_{atm} on ilmakehän tuottama vaimennus lämpötilassa 15 C° ja 70 % suhteellisessa kosteudessa [dB/km]

d_2 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [km]

(Ympäristöministeriö 2014).

Sisätilojen melutasot on laskettu niin ikään ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun toimenpiderajoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Äänieristys, DL_{σ} , on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL_{σ} (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
DL_{σ} (Anojanssi-)	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Kuoringin tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

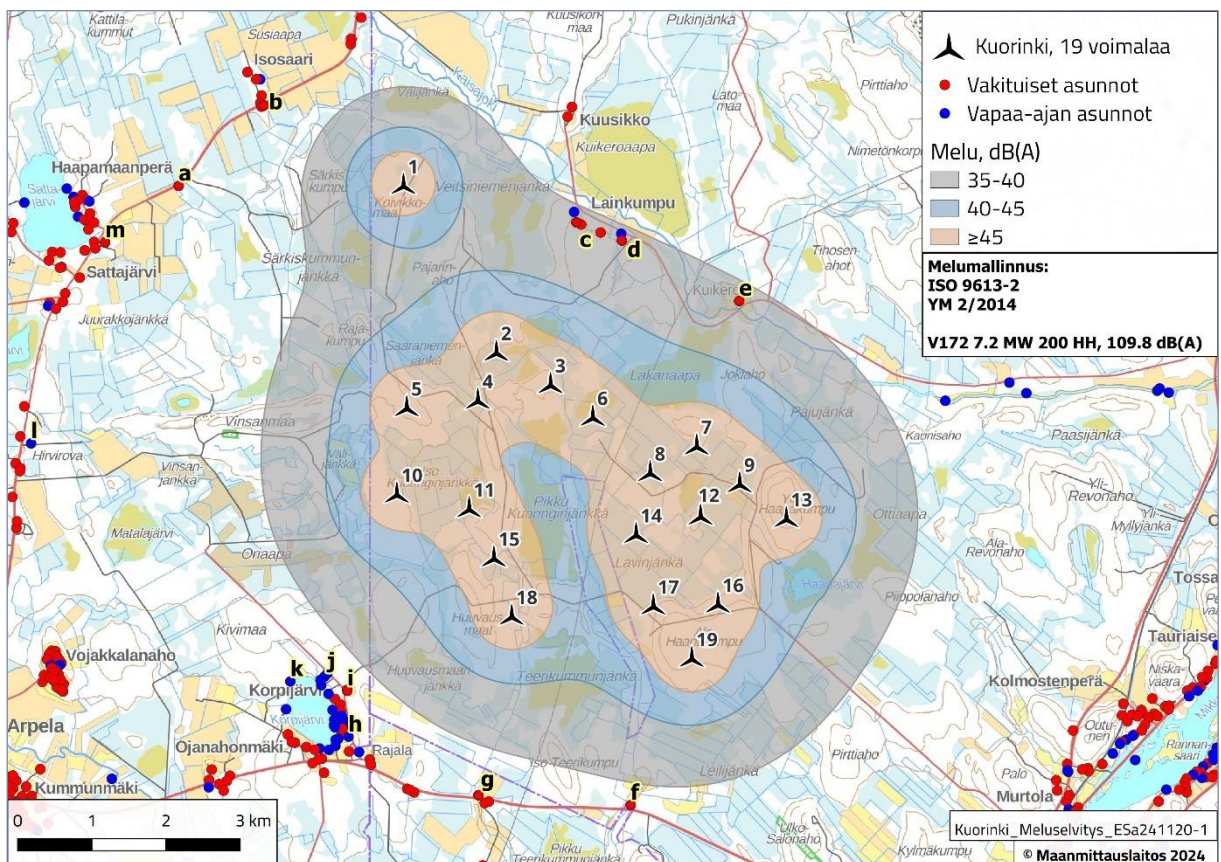
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatie melutasoa hieman.

Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172 7,2 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 19 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 1. Kuoringin tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 200 m HH 109,8 dB(A). Kolmetoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

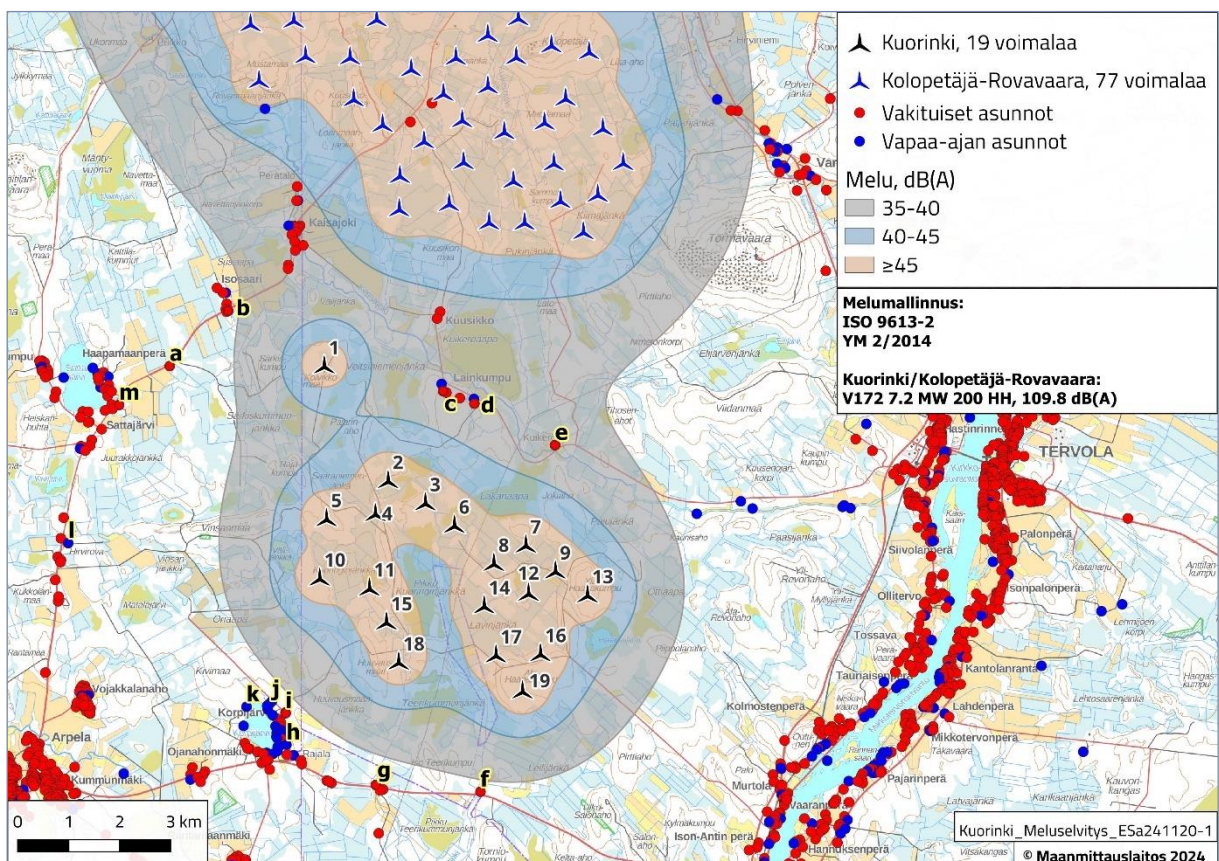
Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 37 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan

havaintopisteen kohdalla on 36,0 dB(A) (vakituinen asunto e). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuoringin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Kuoringin melumallinnuksissa on käytetty 19 voimalan sijoitus suunnitelmaa ja voimalamallia V172 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8+2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Kolopetäjä-Rovavaara (77 voimalaa) on myös mallinnettu voimalatyypillä V172 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8+2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 2. Kuoringin tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 200 m HH 109,8 dB(A). Kolmesta havainnointipistestä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 38 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 37,7 dB(A) (vakituinen asunto c). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuoringin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.5 PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 3 ja 4.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääräistä äänieristystä). Lasketut arvot eivät kuitenkaan ole lähellä asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoja, joten arvion mukaan marginaalit ovat riittävät, eivätkä raja-arvot ylity. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuoringin tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko vähäiset.

6.6 KÄYTÖN LOPETTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Käytön lopettamisen aikaiset meluvaikutukset ovat samankaltaiset rakennusvaiheen vaikutusten kanssa. Ajallisesti meluvaikutukset ovat tuolloin lyhytkestoiset ja ne johtuvat työmaakoneiden

äänistä ja liikenteestä. Käytön lopettamisen jälkeen alueen äänimaisema palaa samaan tilaan, kuin ennen tuulivoimapuiston rakentamista.

6.7 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Mallinnuksessa on käytetty ympäristöministeriön ohjeistuksen ja siellä mainittujen standardien mukaisia menetelmiä ja tulokset on raportoitu ohjeistuksen mukaisesti. Mallinnusmenetelmiin sisältyy aina pieni epävarmuus, jota on pienennetty mm. asiantuntijoiden yhteisesti päättämällä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työkoneita ja ajoittamalla työt vähemmän häiritsevään aikaan vuorokaudesta.

Tuulivoimaloiden meluvaikutuksia voidaan säädellä vaikuttamalla äänilähteiden toimintaan. Konehuoneesta lähtevää ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä konehuoneeseen eristeitä tai korjaamalla/muuttamalla tekniikkaa. Merkittävämpi vaimennus saadaan aikaan kuitenkin roottorin toimintaan vaikuttamalla.

Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen kohtauskulmaa. Myös voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta.

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

8 LÄHTEET

Bertagnolio, F. et.al. (2014). *Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation*. Viitattu 14.1.2014. Saatavilla

http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf.

Etha Wind (2022). *01_Noise_Checklist_ArM220707-1*. Internal work description.

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020) Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu.

Saatavilla: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

Maanmittauslaitos (2024). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi*.

<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). *Asumisterveysasetus*. Helsinki.

<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Vestas (2024). V172 EnVentus Sound Performance Specification, Document no. 0180-4980.V01.

Date: 2024-11-05.

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki. Saatavilla:

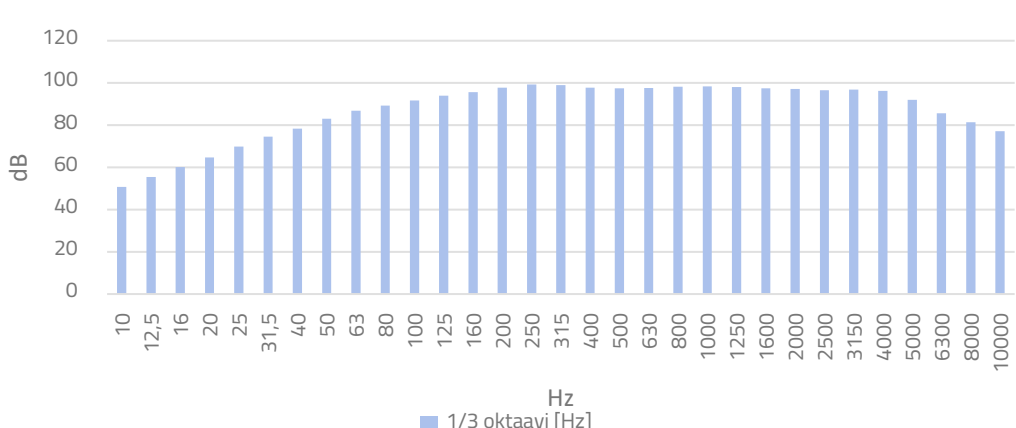
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*. Saatavilla:

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö, (2016). Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. PDF-document.

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, KUORINKI

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportti numero/tunniste: ESa241120-1				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 25.11.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440							
Vastuuhenkilöt: Elina Sippola							
Laatija: Elina Sippola				Tarkastaja/hyväksyjä: Arina Makarova			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver4.0				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi:		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 172 m		Tornin tyyppi: Putkitorni	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot Vestas V172 7,2 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A)+2 dB(A))							
Vestas V172, 200 m HH 109,8 dB(A)  Hz ■ 1/3 oktaavi [Hz]							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu- dimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
4 m	Muu, mikä ja miksi:		20 m * 20 m
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	15 C°	Muu, mikä ja miksi:
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos		Vaakaresoluutio: 2 m	Pystyresoluutio: 1 m
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2			
Vesialueet, (0) / (G)	0		
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)	0,4		
Maa-alueet, (0) / (G)			
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): kyllä		Muu, mikä ja miksi:	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus		Muu, mikä, miksi:	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl		Hoitto- ja oppilaitokset: 0 kpl
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl		Hoitto- ja oppilaitokset: 0 kpl
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille			
Virkistysalueet: 0 kpl		Luonnonsuojelualueet: 0 kpl	

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Kuoringin mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnoin tipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS- TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS- TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	384550	7332667	40	28,8	Ei
b	Vakituinen asunto	385698	7333752	40	30,6	Ei
c	Vakituinen asunto	389916	7332174	40	35,8	Ei
d	Vakituinen asunto	390528	7331930	40	35,8	Ei
e	Vakituinen asunto	392111	7331114	40	36,0	Ei
f	Vakituinen asunto	390648	7324310	40	33,8	Ei
g	Vakituinen asunto	388593	7324444	40	32,6	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	386841	7325233	40	32,0	Ei
i	Vakituinen asunto	386824	7325852	40	33,5	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	386557	7326087	40	33,4	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	386056	7325979	40	32,0	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	382559	7329191	40	26,1	Ei
m	Vakituinen asunto	383557	7331903	40	27,2	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Kuoringin ja Kolopetäjä-Rovavaaran yhteisvaikutukset. Meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnoin tipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS- TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS- TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	384550	7332667	40	32,2	Ei
b	Vakituinen asunto	385698	7333752	40	34,5	Ei
c	Vakituinen asunto	389916	7332174	40	37,7	Ei
d	Vakituinen asunto	390528	7331930	40	37,5	Ei
e	Vakituinen asunto	392111	7331114	40	37,2	Ei
f	Vakituinen asunto	390648	7324310	40	34,1	Ei
g	Vakituinen asunto	388593	7324444	40	33,0	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	386841	7325233	40	32,5	Ei
i	Vakituinen asunto	386824	7325852	40	33,9	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	386557	7326087	40	33,8	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	386056	7325979	40	32,6	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	382559	7329191	40	28,5	Ei
m	Vakituinen asunto	383557	7331903	40	30,6	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, KUORINKI

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuinen melu on laskettu Kuoringin 19 voimalan sijoitussuunnitelmalle.

Taulukko 9. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

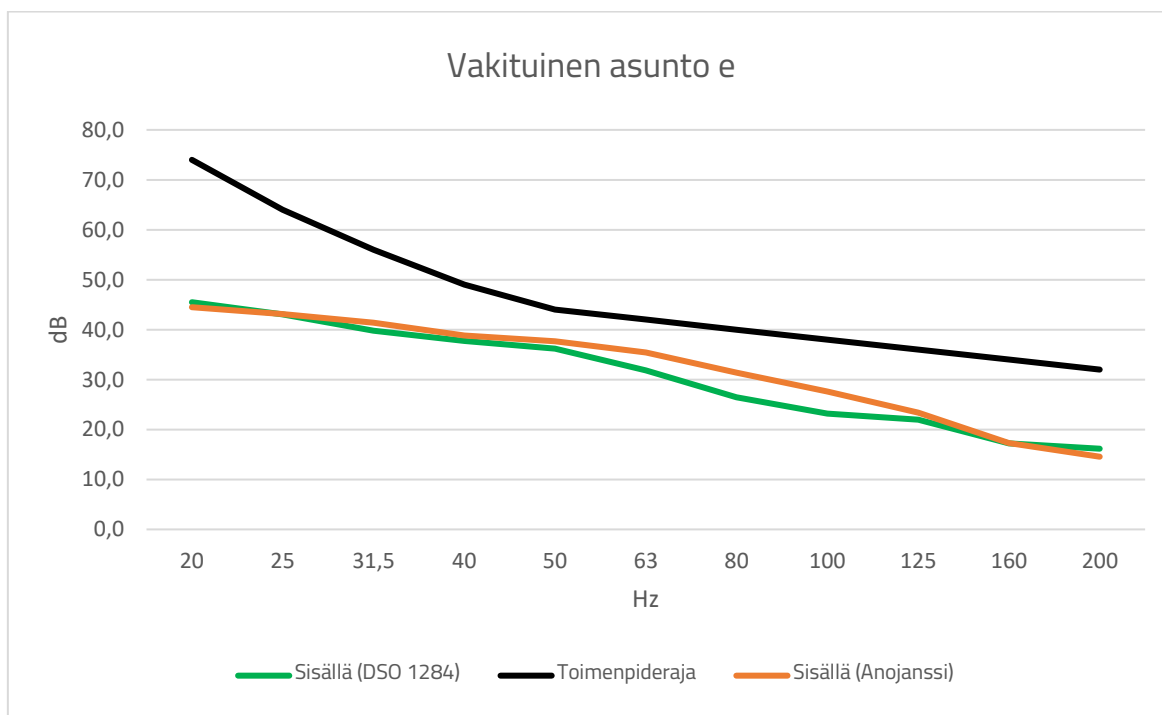
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	47,0	47,8	51,9	51,9	52,1	50,5	49,8	49,3	50,3	50,2	49,3	45,5	46,1
25	46,3	47,1	51,2	51,3	51,4	49,8	49,1	48,7	49,6	49,5	48,6	44,7	45,4
31,5	45,5	46,3	50,4	50,4	50,6	49,0	48,2	47,8	48,8	48,7	47,7	43,9	44,5
40	43,9	44,8	48,9	49,0	49,1	47,5	46,8	46,3	47,3	47,2	46,2	42,3	43,0
50	43,9	44,8	49,0	49,0	49,2	47,5	46,8	46,3	47,3	47,3	46,3	42,3	43,0
63	43,1	44,0	48,2	48,3	48,4	46,8	46,0	45,6	46,6	46,5	45,5	41,4	42,1
80	40,7	41,6	46,0	46,0	46,2	44,5	43,7	43,2	44,3	44,2	43,2	39,0	39,7
100	38,7	39,7	44,2	44,2	44,4	42,6	41,8	41,4	42,4	42,4	41,3	36,9	37,6
125	36,3	37,3	42,0	42,0	42,2	40,4	39,5	39,0	40,2	40,1	38,9	34,2	35,0
160	32,1	33,3	38,2	38,2	38,4	36,5	35,5	35,0	36,2	36,2	34,9	29,7	30,7
200	30,5	32,0	37,2	37,1	37,4	35,3	34,3	33,7	35,0	34,9	33,6	27,8	28,9

Taulukko 10. Pientaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

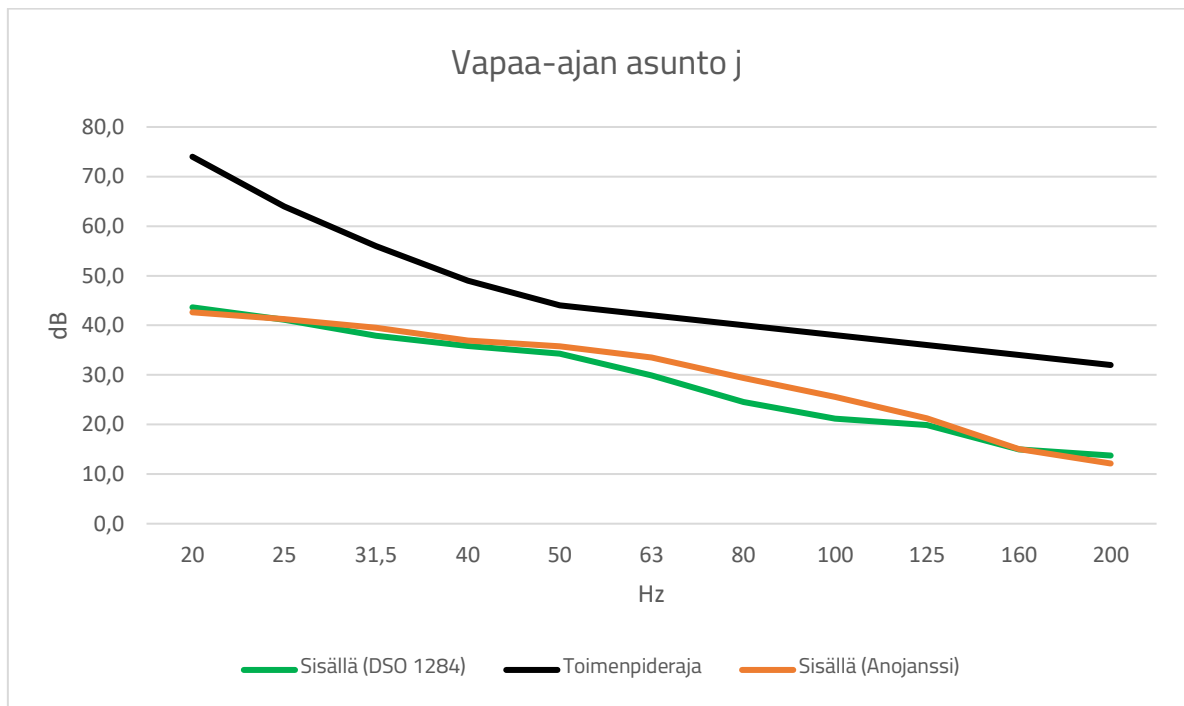
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	40,4	41,2	45,3	45,3	45,5	43,9	43,2	42,7	43,7	43,6	42,7	38,9	39,5
25	37,9	38,7	42,8	42,9	43,0	41,4	40,7	40,3	41,2	41,1	40,2	36,3	37,0
31,5	34,7	35,5	39,6	39,6	39,8	38,2	37,4	37,0	38,0	37,9	36,9	33,1	33,7
40	32,5	33,4	37,5	37,6	37,7	36,1	35,4	34,9	35,9	35,8	34,8	30,9	31,6
50	30,9	31,8	36,0	36,0	36,2	34,5	33,8	33,3	34,3	34,3	33,3	29,3	30,0
63	26,5	27,4	31,6	31,7	31,8	30,2	29,4	29,0	30,0	29,9	28,9	24,8	25,5
80	21,0	21,9	26,3	26,3	26,5	24,8	24,0	23,5	24,6	24,5	23,5	19,3	20,0
100	17,5	18,5	23,0	23,0	23,2	21,4	20,6	20,2	21,2	21,2	20,1	15,7	16,4
125	16,1	17,1	21,8	21,8	22,0	20,2	19,3	18,8	20,0	19,9	18,7	14,0	14,8
160	10,9	12,1	17,0	17,0	17,2	15,3	14,3	13,8	15,0	15,0	13,7	8,5	9,5
200	9,3	10,8	16,0	15,9	16,2	14,1	13,1	12,5	13,8	13,7	12,4	6,6	7,7

Taulukko 11. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	39,4	40,2	44,3	44,3	44,5	42,9	42,2	41,7	42,7	42,6	41,7	37,9	38,5
25	38,0	38,8	42,9	43,0	43,1	41,5	40,8	40,4	41,3	41,2	40,3	36,4	37,1
31,5	36,3	37,1	41,2	41,2	41,4	39,8	39,0	38,6	39,6	39,5	38,5	34,7	35,3
40	33,6	34,5	38,6	38,7	38,8	37,2	36,5	36,0	37,0	36,9	35,9	32,0	32,7
50	32,4	33,3	37,5	37,5	37,7	36,0	35,3	34,8	35,8	35,8	34,8	30,8	31,5
63	30,1	31,0	35,2	35,3	35,4	33,8	33,0	32,6	33,6	33,5	32,5	28,4	29,1
80	25,9	26,8	31,2	31,2	31,4	29,7	28,9	28,4	29,5	29,4	28,4	24,2	24,9
100	21,9	22,9	27,4	27,4	27,6	25,8	25,0	24,6	25,6	25,6	24,5	20,1	20,8
125	17,5	18,5	23,2	23,2	23,4	21,6	20,7	20,2	21,4	21,3	20,1	15,4	16,2
160	11,0	12,2	17,1	17,1	17,3	15,4	14,4	13,9	15,1	15,1	13,8	8,6	9,6
200	7,7	9,2	14,4	14,3	14,6	12,5	11,5	10,9	12,2	12,1	10,8	5,0	6,1



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa e.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Kuoringin (19 voimalaa) ja Kolopetäjä-Rovavaaran (77 voimalaa) tuulivoimapuistot ovat toiminnassa.

Taulukko 12. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	51,6	53,1	54,9	54,8	54,3	51,5	51,0	50,8	51,6	51,5	50,8	49,0	50,5
25	50,9	52,3	54,2	54,1	53,6	50,8	50,3	50,0	50,8	50,8	50,1	48,2	49,8
31,5	50,0	51,5	53,4	53,3	52,8	49,9	49,4	49,2	50,0	49,9	49,2	47,3	48,9
40	48,4	49,9	51,9	51,8	51,3	48,4	47,9	47,6	48,5	48,4	47,6	45,7	47,3
50	48,4	49,9	51,9	51,8	51,3	48,4	47,8	47,6	48,4	48,4	47,6	45,6	47,2
63	47,5	49,1	51,1	51,0	50,5	47,6	47,0	46,7	47,6	47,6	46,7	44,6	46,3
80	45,0	46,7	48,8	48,6	48,2	45,2	44,6	44,3	45,2	45,2	44,3	42,0	43,8

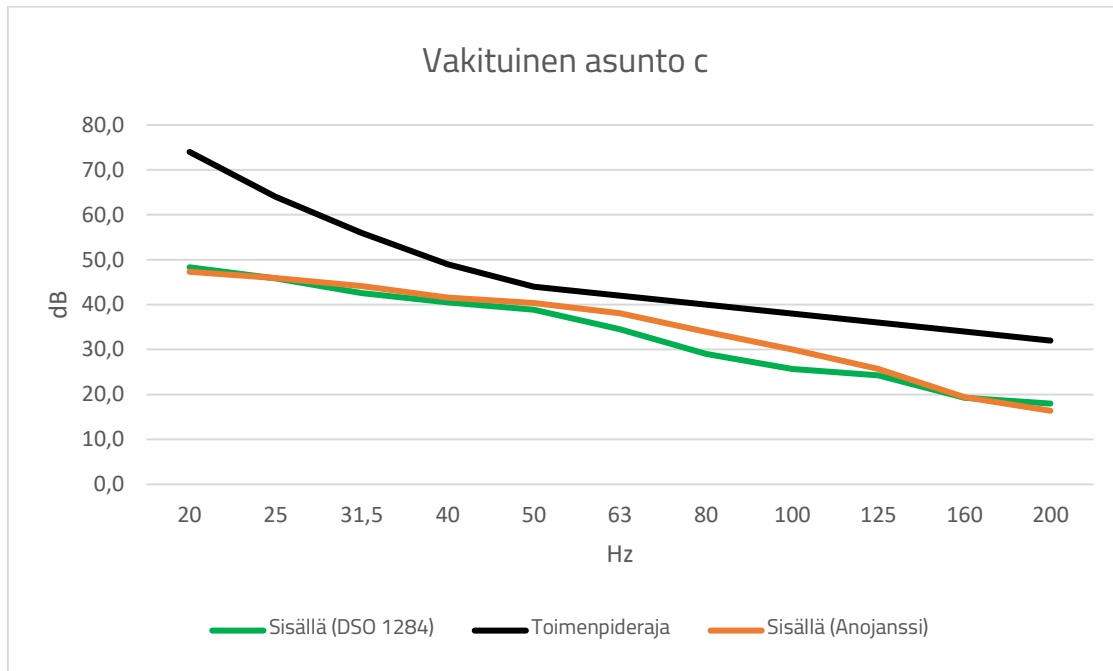
100	42,9	44,6	46,9	46,7	46,3	43,2	42,6	42,2	43,2	43,2	42,2	39,7	41,5
125	40,1	42,1	44,5	44,4	43,9	40,8	40,0	39,7	40,7	40,7	39,7	36,6	38,7
160	35,6	37,8	40,5	40,3	39,9	36,8	35,9	35,4	36,6	36,6	35,4	31,8	34,0
200	33,7	36,1	39,2	39,0	38,6	35,5	34,5	33,9	35,3	35,2	33,9	29,3	31,8

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

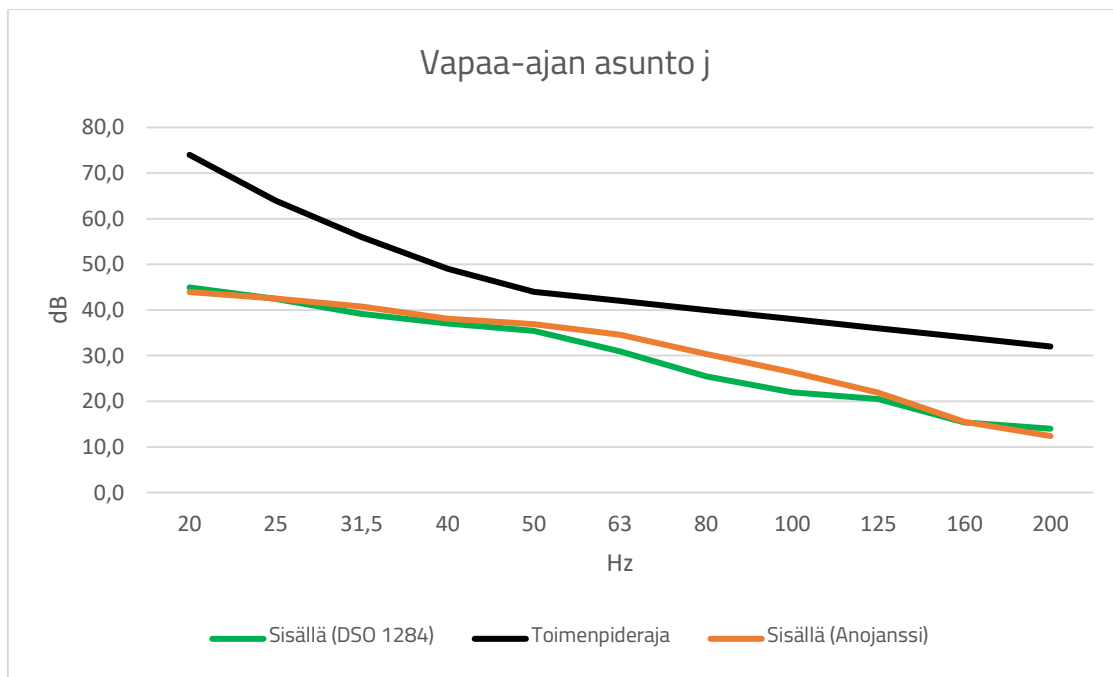
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	45,0	46,5	48,3	48,2	47,7	44,9	44,4	44,2	45,0	44,9	44,2	42,4	43,9
25	42,5	43,9	45,8	45,7	45,2	42,4	41,9	41,6	42,4	42,4	41,7	39,8	41,4
31,5	39,2	40,7	42,6	42,5	42,0	39,1	38,6	38,4	39,2	39,1	38,4	36,5	38,1
40	37,0	38,5	40,5	40,4	39,9	37,0	36,5	36,2	37,1	37,0	36,2	34,3	35,9
50	35,4	36,9	38,9	38,8	38,3	35,4	34,8	34,6	35,4	35,4	34,6	32,6	34,2
63	30,9	32,5	34,5	34,4	33,9	31,0	30,4	30,1	31,0	31,0	30,1	28,0	29,7
80	25,3	27,0	29,1	28,9	28,5	25,5	24,9	24,6	25,5	25,5	24,6	22,3	24,1
100	21,7	23,4	25,7	25,5	25,1	22,0	21,4	21,0	22,0	22,0	21,0	18,5	20,3
125	19,9	21,9	24,3	24,2	23,7	20,6	19,8	19,5	20,5	20,5	19,5	16,4	18,5
160	14,4	16,6	19,3	19,1	18,7	15,6	14,7	14,2	15,4	15,4	14,2	10,6	12,8
200	12,5	14,9	18,0	17,8	17,4	14,3	13,3	12,7	14,1	14,0	12,7	8,1	10,6

Taulukko 14. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	44,0	45,5	47,3	47,2	46,7	43,9	43,4	43,2	44,0	43,9	43,2	41,4	42,9
25	42,6	44,0	45,9	45,8	45,3	42,5	42,0	41,7	42,5	42,5	41,8	39,9	41,5
31,5	40,8	42,3	44,2	44,1	43,6	40,7	40,2	40,0	40,8	40,7	40,0	38,1	39,7
40	38,1	39,6	41,6	41,5	41,0	38,1	37,6	37,3	38,2	38,1	37,3	35,4	37,0
50	36,9	38,4	40,4	40,3	39,8	36,9	36,3	36,1	36,9	36,9	36,1	34,1	35,7
63	34,5	36,1	38,1	38,0	37,5	34,6	34,0	33,7	34,6	34,6	33,7	31,6	33,3
80	30,2	31,9	34,0	33,8	33,4	30,4	29,8	29,5	30,4	30,4	29,5	27,2	29,0
100	26,1	27,8	30,1	29,9	29,5	26,4	25,8	25,4	26,4	26,4	25,4	22,9	24,7
125	21,3	23,3	25,7	25,6	25,1	22,0	21,2	20,9	21,9	21,9	20,9	17,8	19,9
160	14,5	16,7	19,4	19,2	18,8	15,7	14,8	14,3	15,5	15,5	14,3	10,7	12,9
200	10,9	13,3	16,4	16,2	15,8	12,7	11,7	11,1	12,5	12,4	11,1	6,5	9,0



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa c.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

LIITE 5: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 15. Kuoringin voimaloiden sijaintitiedot, (19 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	387581	7332705	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
2	388834	7330452	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
3	389565	7330016	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
4	388584	7329804	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
5	387625	7329704	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
6	390135	7329576	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
7	391536	7329187	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
8	390909	7328827	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
9	392117	7328677	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
10	387491	7328538	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
11	388467	7328341	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
12	391588	7328241	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
13	392746	7328207	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
14	390719	7327993	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
15	388801	7327677	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
16	391823	7327053	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
17	390951	7327030	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
18	389041	7326891	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
19	391470	7326322	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)

Taulukko 16. Kolopetäjä-Rovavaaran voimaloiden sijaintitiedot (77 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	393551	7344355	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
2	393926	7343935	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
3	393115	7343985	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
4	391987	7344125	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
5	391343	7344239	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
6	390729	7344248	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
7	389992	7344178	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
8	388896	7344154	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
9	390405	7343466	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
10	389579	7343483	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)

11	388908	7343127	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
12	389721	7342577	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
13	388998	7342004	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
14	389055	7341354	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
15	388241	7340747	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
16	386620	7340385	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
17	385780	7340379	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
18	385357	7341084	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
19	384482	7341037	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
20	384452	7341700	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
21	389071	7340129	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
22	387956	7339831	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
23	386982	7339490	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
24	386133	7339420	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
25	386300	7338308	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
26	387212	7338795	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
27	388086	7338768	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
28	388609	7339515	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
29	389286	7338536	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
30	388157	7337947	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
31	390163	7338763	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
32	389918	7338056	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
33	389538	7337123	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
34	390287	7337536	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
35	391347	7338774	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
36	392038	7339003	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
37	392777	7338873	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
38	392316	7337960	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
39	391902	7337489	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
40	391113	7337305	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
41	390313	7336714	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
42	389064	7336442	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
43	389052	7335787	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
44	390031	7335892	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
45	391291	7336343	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
46	392085	7336687	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
47	393047	7337372	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
48	393446	7336696	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
49	392947	7336072	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
50	392665	7335339	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
51	392215	7335952	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)

52	391511	7335523	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
53	390814	7335529	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
54	388725	7337446	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
55	389667	7339792	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
56	390330	7340582	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
57	389834	7341425	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
58	391319	7341286	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
59	391944	7341315	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
60	392075	7342764	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
61	392676	7344247	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
62	391984	7339784	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
63	391389	7339539	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
64	390789	7339210	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
65	390908	7341916	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
66	391737	7342216	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
67	387983	7341877	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
68	387751	7342635	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
69	388209	7343565	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
70	386718	7342500	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
71	385648	7341898	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
72	386454	7341756	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
73	387010	7341303	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
74	391057	7340057	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
75	389482	7340773	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
76	390791	7338198	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
77	386321	7341167	VESTAS V172-7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A)