



ETHA WIND



MELUSELVITYS

Kuorinki-Vinsanmaan Tuulivoimapuisto

12.09.2023

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.....	10
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	11
6.1	Nykytilanne	11
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	12
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1	12
6.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	13
6.5	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE3.....	15
6.6	Pienitaajuinen melu	16
6.7	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	16
6.8	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	17
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, KUORINKI-VINSANMAA.....	19
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset	21

Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Kuorinki-Vinsanmaan (VE1).....	22
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Kuorinki-Vinsanmaan (VE2).....	24
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Kuorinki-Vinsanmaan (VE3).....	27
Liite 5: Sijoitussuunnitelmat.....	30

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2023-09-12	Christian Granlund	Christian Granlund	Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.6 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. Erot hankevaihtoehtojen meluvaikutuksissa ovat hyvin pienet.

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuistolle Tornion ja Tervolan kuntien alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 25-28 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty V172 7.2 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 106,9 dB(A) + 2 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen kesäkuussa 2022 päivittämiä äänitietoja.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.6 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

Tässä selvityksessä on tarkistettu kolme hankevaihtoehtoa:

- VE1: 26 voimalaa. Roottorihalkaisija 172 m ja napakorkeus 200 m.
- VE2: 25 voimalaa. Roottorihalkaisija 172 m ja napakorkeus 200 m.
- VE3: 28 voimalaa. Roottorihalkaisija 172 m ja napakorkeus 200 m.

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 äänieristuksen 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, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltäviä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella.

Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Kuorinki-Vinsanmaa tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Turbiinivalmistajien äänitiedot sisältävät epävarmuusmarginaalin. Vestaksen käyttämä epävarmuusmarginaali ei ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14 -standardiin, johon ympäristöministeriön ohjeet viittaavat. Edellä mainituista syistä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2 dB:n epävarmuusmarginaali. Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin ja lopulliseen voimalatyypin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Kuorinki-Vinsanmaa	V172 7.2 MW	200	106,9+2,0	Käytössä

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 yhteismeluvaiikutukset 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 äänen voimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä 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 pienitaajuuden melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Äänieristys, $DL\sigma$, on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$DL\sigma$ (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
$DL\sigma$ (Anojanssi-projekti)	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

Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

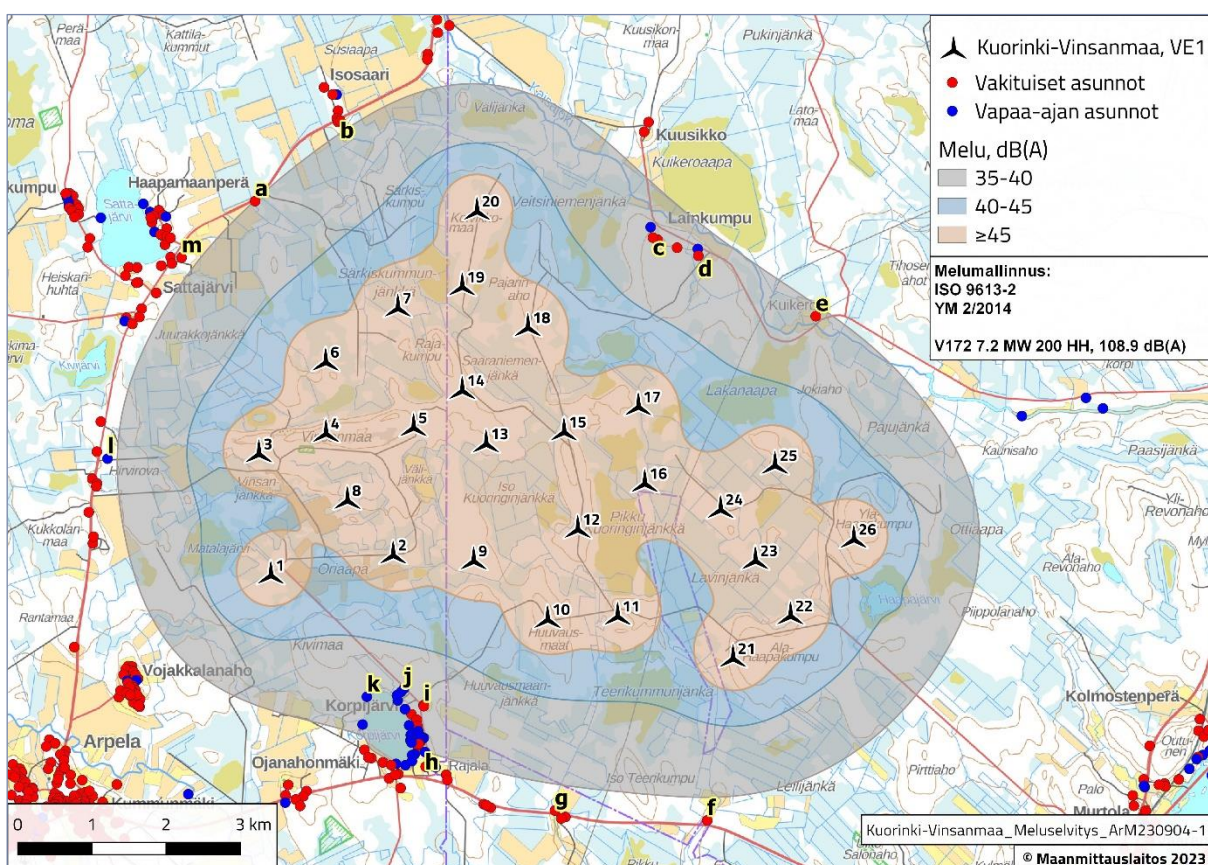
6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

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 valtatien melutasoa hieman.

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

6.3 TOIMINNAN AIKAISET VAIKUTUKSET, VE1

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172 7.2 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 26 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 1. Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 200 m HH 108,9 dB(A).

Kolmesta havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

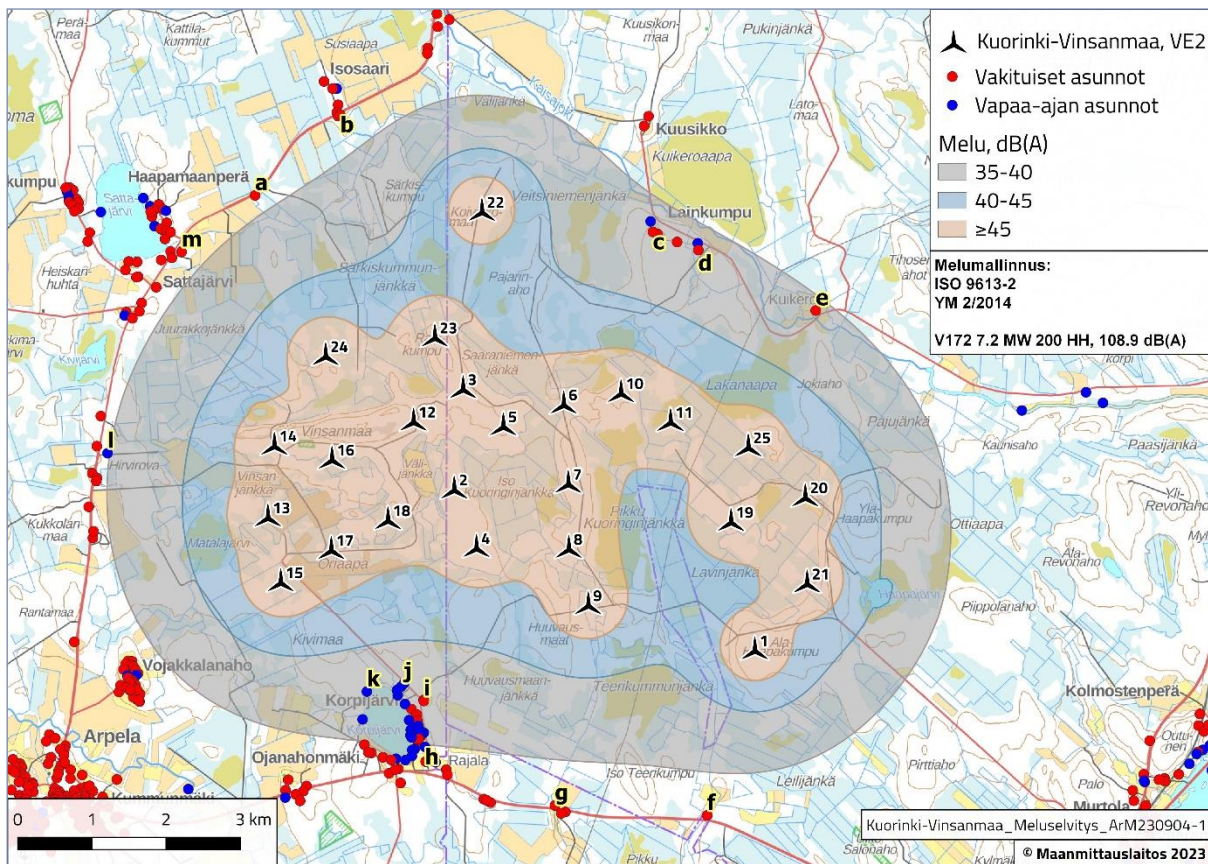
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 38 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 37,5 dB(A) (vapaa-ajan asunto j, Korpijärven alueella). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuorinki-Vinsanmaan 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 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE2

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172 7.2 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 25 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 2. Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 200 m HH 108,9 dB(A). Kolmetoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

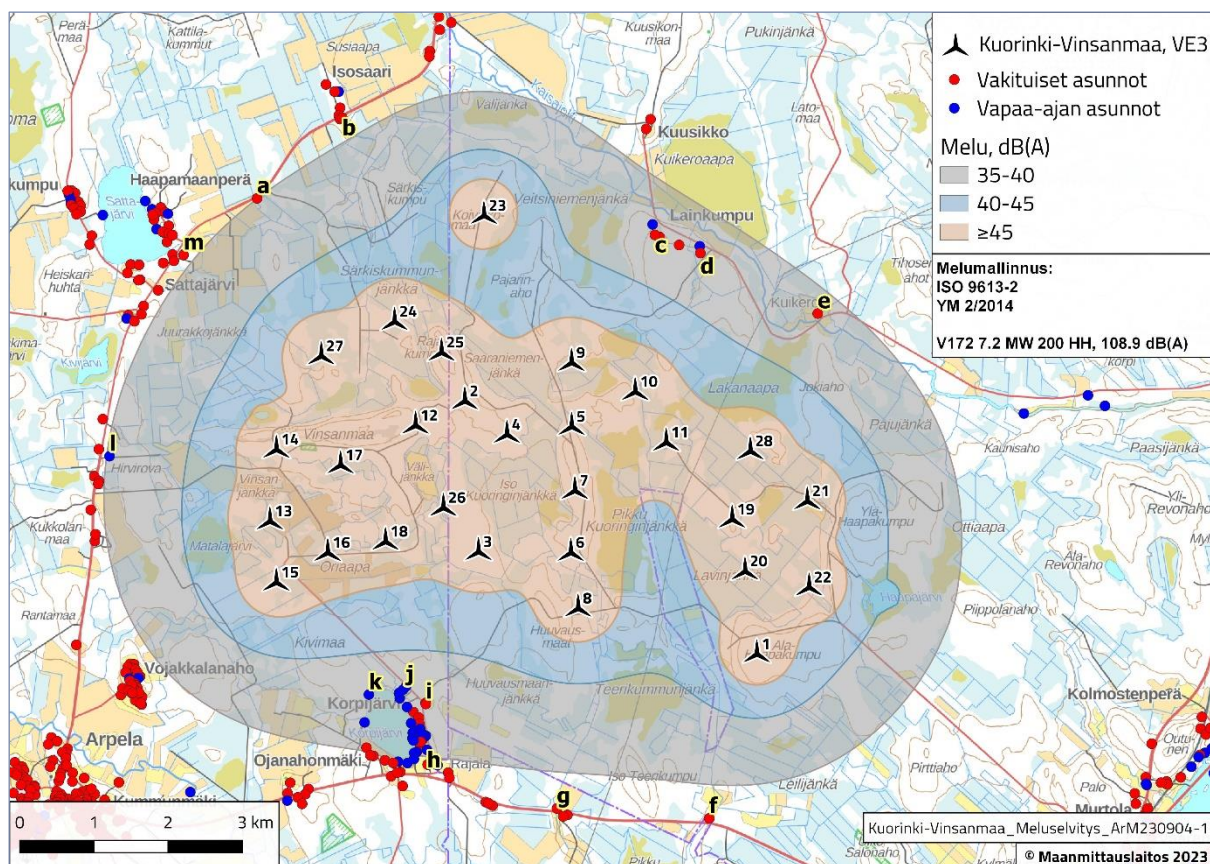
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on selvästi alle 38 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 37,7 dB(A) (vapaa-ajan asunto j, Korpjärven alueella). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuorinki-Vinsanmaan 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 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE3

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172 7.2 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106,9 + 2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 28 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 3. Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 200 m HH 108,9 dB(A). Kolmesta 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.

Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 38,0 dB(A) (vapaa-ajan asunto j, Korpjärven alueella). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

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

6.6 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 asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 2, 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 Kuorinki-Vinsanmaan tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko vähäiset.

6.7 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.

6.8 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 (2023). *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 (2022). Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00.

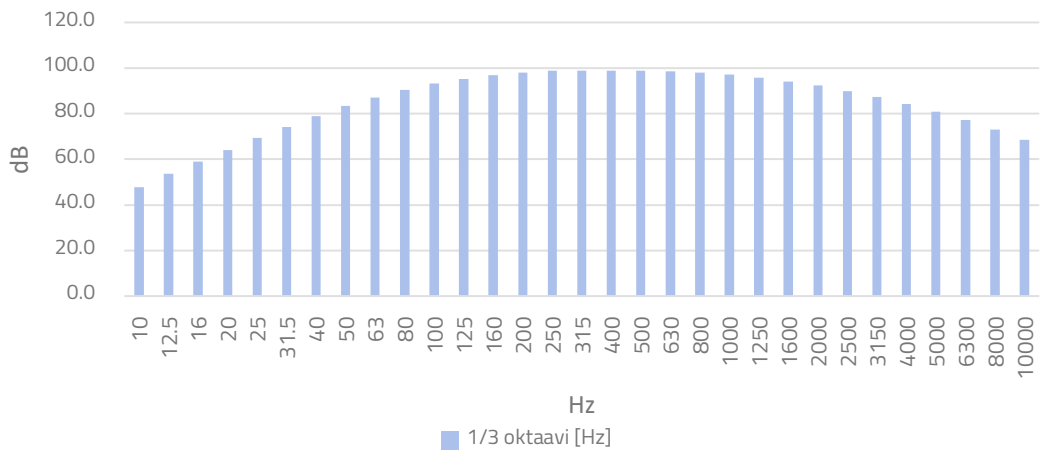
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*.

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

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

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, KUORINKI-VINSANMAA

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT								*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä							
Mallinnusraportti numero/tunniste: ArM230904-1								Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 12.9.2023							
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440															
Vastuuhenkilöt: Arina Makarova															
Laatija: Arina Makarova								Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund							
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT															
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.6								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: 106,9 dB(A)+2 dB(A))															
Vestas V172, 200 m HH 108.9 dB(A)  ■ 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 absorption 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	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille			
Virkistysalueet: 0 kpl		Luonnonsuojelualueet: 0 kpl	

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Kuorinki-Vinsanmaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	VE1 Melu [dB(A)]	VE2 Melu [dB(A)]	VE3 Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	384550	7332667	40	35,0	34,1	35,0	Ei
b	Vakituinen asunto	385698	7333752	40	34,5	33,3	34,0	Ei
c	Vakituinen asunto	389916	7332174	40	36,8	36,3	37,2	Ei
d	Vakituinen asunto	390528	7331930	40	36,1	36,1	36,8	Ei
e	Vakituinen asunto	392111	7331114	40	35,5	35,7	36,1	Ei
f	Vakituinen asunto	390648	7324310	40	33,9	33,0	33,5	Ei
g	Vakituinen asunto	388593	7324444	40	33,9	33,1	33,6	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	386841	7325233	40	35,0	34,9	35,3	Ei
i	Vakituinen asunto	386824	7325852	40	37,0	36,9	37,2	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	386557	7326087	40	37,5	37,7	38,0	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	386056	7325979	40	36,8	37,4	37,6	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	382559	7329191	40	34,5	34,9	35,2	Ei
m	Vakituinen asunto	383557	7331903	40	34,3	33,9	34,5	Ei

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, KUORINKI-VINSANMAAN (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajainen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajainen melu on laskettu Kuorinki-Vinsanmaan vaihtoehdolle VE1, jossa on 26 tuulivoimalaa.

Taulukko 8. Pienitaajainen melu rakennuksen ulkopuolella.

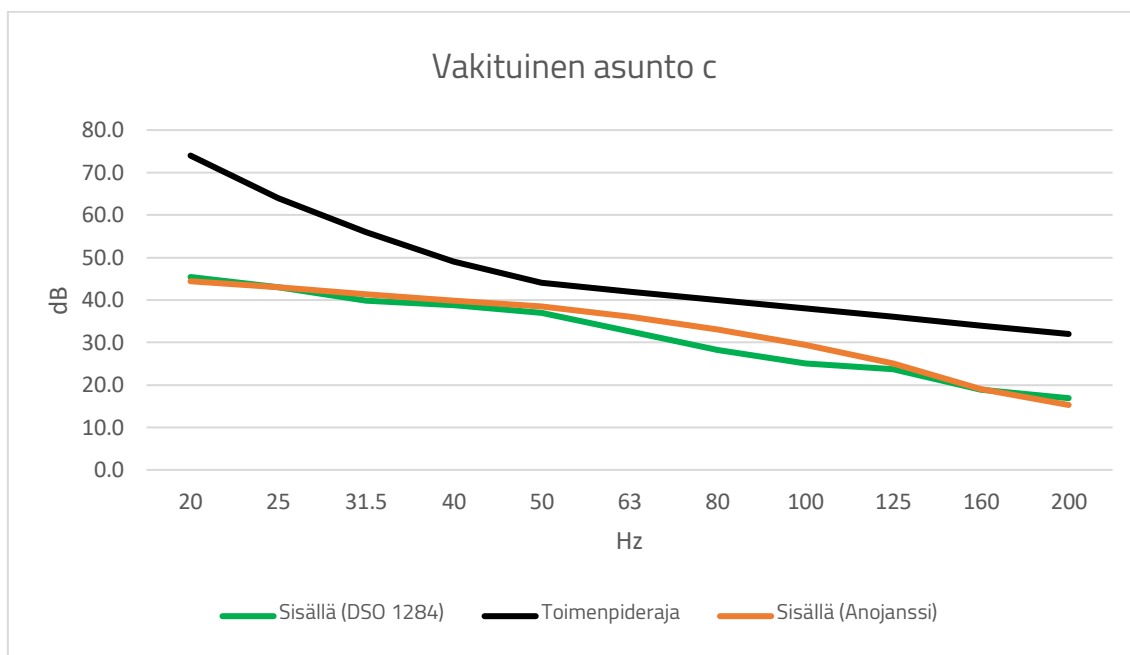
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)													
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	
20	50.6	50.2	52.0	51.6	51.0	49.9	50.0	50.8	52.1	52.5	51.9	50.1	50.1	
25	50.0	49.5	51.3	50.9	50.4	49.2	49.4	50.1	51.4	51.8	51.2	49.4	49.4	
31,5	49.2	48.8	50.6	50.2	49.6	48.4	48.6	49.4	50.7	51.1	50.5	48.7	48.7	
40	48.7	48.3	50.1	49.7	49.1	47.9	48.1	48.9	50.2	50.6	50.0	48.2	48.2	
50	48.6	48.1	50.0	49.6	49.0	47.8	47.9	48.7	50.1	50.4	49.8	48.0	48.0	
63	47.7	47.2	49.1	48.7	48.1	46.9	47.1	47.9	49.2	49.6	49.0	47.2	47.2	
80	46.4	45.9	47.9	47.4	46.8	45.6	45.7	46.6	48.0	48.4	47.7	45.9	45.9	
100	44.8	44.3	46.3	45.8	45.2	43.9	44.1	44.9	46.4	46.8	46.1	44.2	44.2	
125	42.4	41.9	43.9	43.5	42.8	41.4	41.6	42.5	44.1	44.5	43.8	41.8	41.8	
160	38.5	38.0	40.1	39.6	38.9	37.5	37.6	38.6	40.2	40.7	40.0	37.9	37.8	
200	36.4	35.8	38.1	37.5	36.8	35.3	35.4	36.5	38.2	38.7	38.0	35.8	35.7	

Taulukko 9. Pienitaajainen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

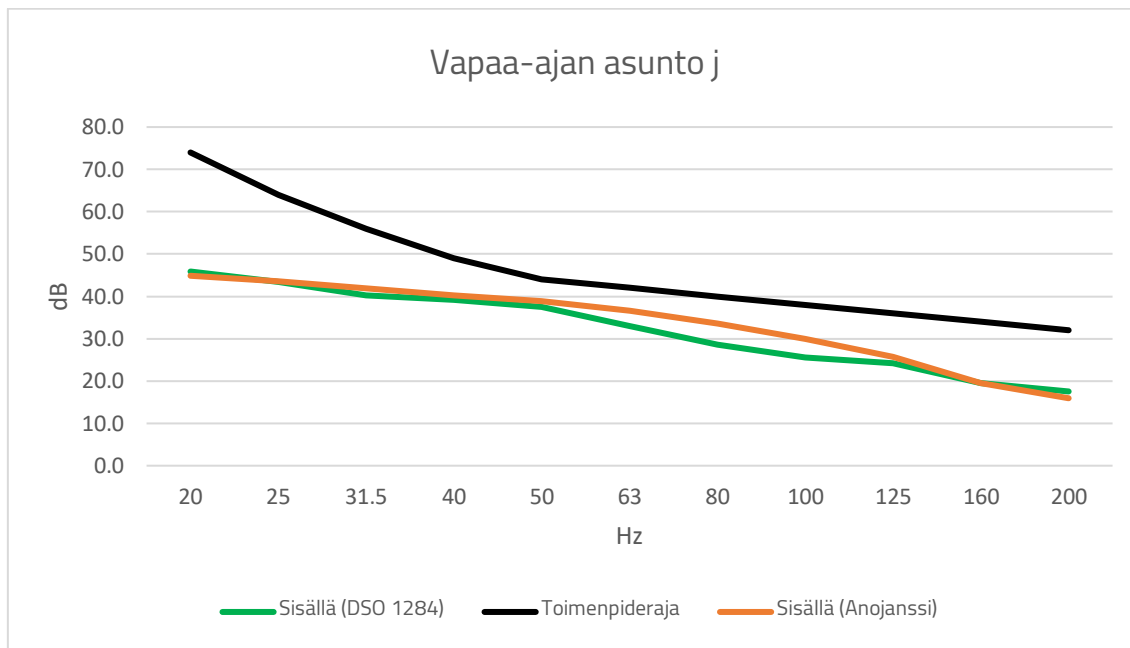
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	44.0	43.6	45.4	45.0	44.4	43.3	43.4	44.2	45.5	45.9	45.3	43.5	43.5
25	41.6	41.1	42.9	42.5	42.0	40.8	41.0	41.7	43.0	43.4	42.8	41.0	41.0
31,5	38.4	38.0	39.8	39.4	38.8	37.6	37.8	38.6	39.9	40.3	39.7	37.9	37.9
40	37.3	36.9	38.7	38.3	37.7	36.5	36.7	37.5	38.8	39.2	38.6	36.8	36.8
50	35.6	35.1	37.0	36.6	36.0	34.8	34.9	35.7	37.1	37.4	36.8	35.0	35.0
63	31.1	30.6	32.5	32.1	31.5	30.3	30.5	31.3	32.6	33.0	32.4	30.6	30.6
80	26.7	26.2	28.2	27.7	27.1	25.9	26.0	26.9	28.3	28.7	28.0	26.2	26.2
100	23.6	23.1	25.1	24.6	24.0	22.7	22.9	23.7	25.2	25.6	24.9	23.0	23.0
125	22.2	21.7	23.7	23.3	22.6	21.2	21.4	22.3	23.9	24.3	23.6	21.6	21.6
160	17.3	16.8	18.9	18.4	17.7	16.3	16.4	17.4	19.0	19.5	18.8	16.7	16.6
200	15.2	14.6	16.9	16.3	15.6	14.1	14.2	15.3	17.0	17.5	16.8	14.6	14.5

Taulukko 10. 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	43.0	42.6	44.4	44.0	43.4	42.3	42.4	43.2	44.5	44.9	44.3	42.5	42.5	
25	41.7	41.2	43.0	42.6	42.1	40.9	41.1	41.8	43.1	43.5	42.9	41.1	41.1	
31,5	40.0	39.6	41.4	41.0	40.4	39.2	39.4	40.2	41.5	41.9	41.3	39.5	39.5	
40	38.4	38.0	39.8	39.4	38.8	37.6	37.8	38.6	39.9	40.3	39.7	37.9	37.9	
50	37.1	36.6	38.5	38.1	37.5	36.3	36.4	37.2	38.6	38.9	38.3	36.5	36.5	
63	34.7	34.2	36.1	35.7	35.1	33.9	34.1	34.9	36.2	36.6	36.0	34.2	34.2	
80	31.6	31.1	33.1	32.6	32.0	30.8	30.9	31.8	33.2	33.6	32.9	31.1	31.1	
100	28.0	27.5	29.5	29.0	28.4	27.1	27.3	28.1	29.6	30.0	29.3	27.4	27.4	
125	23.6	23.1	25.1	24.7	24.0	22.6	22.8	23.7	25.3	25.7	25.0	23.0	23.0	
160	17.4	16.9	19.0	18.5	17.8	16.4	16.5	17.5	19.1	19.6	18.9	16.8	16.7	
200	13.6	13.0	15.3	14.7	14.0	12.5	12.6	13.7	15.4	15.9	15.2	13.0	12.9	



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa c.



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, KUORINKI-VINSANMAAN (VE2)

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 Kuorinki-Vinsanmaan vaihtoehdolle VE2, jossa on 25 tuulivoimalaa.

Taulukko 11. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	50.1	49.4	51.7	51.5	51.0	49.2	49.6	50.8	52.1	52.6	52.3	50.4	49.9
25	49.4	48.7	51.0	50.8	50.3	48.5	48.9	50.1	51.4	52.0	51.6	49.7	49.2
31,5	48.6	48.0	50.3	50.1	49.6	47.8	48.2	49.4	50.7	51.2	50.9	49.0	48.4
40	48.2	47.5	49.8	49.6	49.1	47.3	47.7	48.9	50.2	50.8	50.4	48.5	47.9
50	48.0	47.3	49.6	49.4	49.0	47.1	47.5	48.7	50.1	50.6	50.3	48.3	47.8
63	47.1	46.4	48.8	48.6	48.1	46.2	46.6	47.9	49.2	49.8	49.4	47.5	46.9
80	45.8	45.1	47.5	47.3	46.8	44.9	45.3	46.6	48.0	48.5	48.2	46.2	45.6
100	44.1	43.4	45.9	45.7	45.2	43.2	43.6	44.9	46.4	46.9	46.6	44.6	43.9
125	41.7	40.9	43.6	43.4	42.8	40.7	41.1	42.5	44.0	44.6	44.3	42.2	41.5

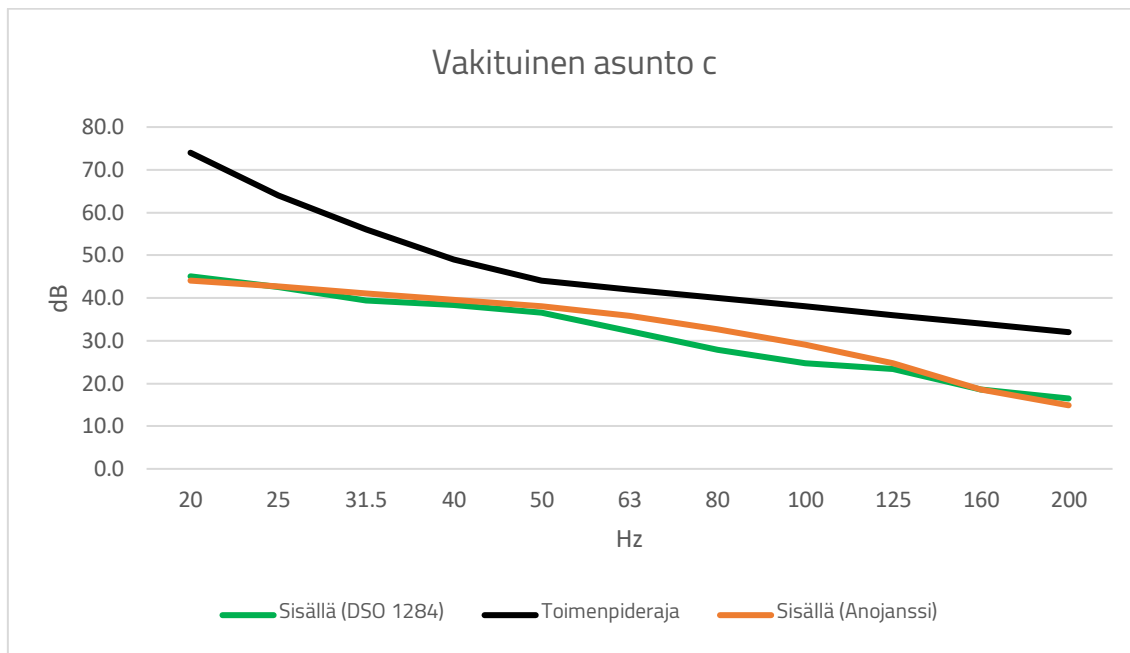
160	37.7	36.9	39.7	39.5	39.0	36.7	37.0	38.6	40.2	40.9	40.5	38.3	37.5
200	35.6	34.7	37.7	37.5	36.9	34.4	34.8	36.4	38.2	38.9	38.6	36.2	35.3

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

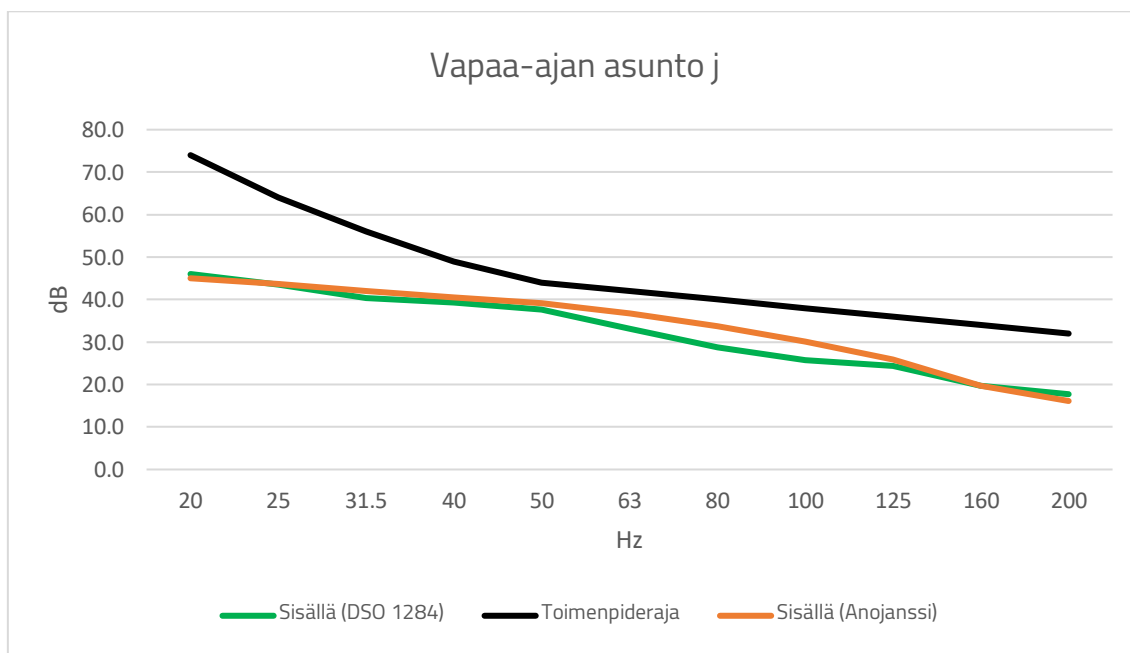
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	43.5	42.8	45.1	44.9	44.4	42.6	43.0	44.2	45.5	46.0	45.7	43.8	43.3
25	41.0	40.3	42.6	42.4	41.9	40.1	40.5	41.7	43.0	43.6	43.2	41.3	40.8
31,5	37.8	37.2	39.5	39.3	38.8	37.0	37.4	38.6	39.9	40.4	40.1	38.2	37.6
40	36.8	36.1	38.4	38.2	37.7	35.9	36.3	37.5	38.8	39.4	39.0	37.1	36.5
50	35.0	34.3	36.6	36.4	36.0	34.1	34.5	35.7	37.1	37.6	37.3	35.3	34.8
63	30.5	29.8	32.2	32.0	31.5	29.6	30.0	31.3	32.6	33.2	32.8	30.9	30.3
80	26.1	25.4	27.8	27.6	27.1	25.2	25.6	26.9	28.3	28.8	28.5	26.5	25.9
100	22.9	22.2	24.7	24.5	24.0	22.0	22.4	23.7	25.2	25.7	25.4	23.4	22.7
125	21.5	20.7	23.4	23.2	22.6	20.5	20.9	22.3	23.8	24.4	24.1	22.0	21.3
160	16.5	15.7	18.5	18.3	17.8	15.5	15.8	17.4	19.0	19.7	19.3	17.1	16.3
200	14.4	13.5	16.5	16.3	15.7	13.2	13.6	15.2	17.0	17.7	17.4	15.0	14.1

Taulukko 13. 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	42.5	41.8	44.1	43.9	43.4	41.6	42.0	43.2	44.5	45.0	44.7	42.8	42.3
25	41.1	40.4	42.7	42.5	42.0	40.2	40.6	41.8	43.1	43.7	43.3	41.4	40.9
31,5	39.4	38.8	41.1	40.9	40.4	38.6	39.0	40.2	41.5	42.0	41.7	39.8	39.2
40	37.9	37.2	39.5	39.3	38.8	37.0	37.4	38.6	39.9	40.5	40.1	38.2	37.6
50	36.5	35.8	38.1	37.9	37.5	35.6	36.0	37.2	38.6	39.1	38.8	36.8	36.3
63	34.1	33.4	35.8	35.6	35.1	33.2	33.6	34.9	36.2	36.8	36.4	34.5	33.9
80	31.0	30.3	32.7	32.5	32.0	30.1	30.5	31.8	33.2	33.7	33.4	31.4	30.8
100	27.3	26.6	29.1	28.9	28.4	26.4	26.8	28.1	29.6	30.1	29.8	27.8	27.1
125	22.9	22.1	24.8	24.6	24.0	21.9	22.3	23.7	25.2	25.8	25.5	23.4	22.7
160	16.6	15.8	18.6	18.4	17.9	15.6	15.9	17.5	19.1	19.8	19.4	17.2	16.4
200	12.8	11.9	14.9	14.7	14.1	11.6	12.0	13.6	15.4	16.1	15.8	13.4	12.5



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa c.



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, KUORINKI-VINSANMAAN (VE3)

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. Pienitaajuinen melu on laskettu Kuorinki-Vinsanmaan vaihtoehdolle VE3, jossa on 28 tuulivoimalaa.

Taulukko 14. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

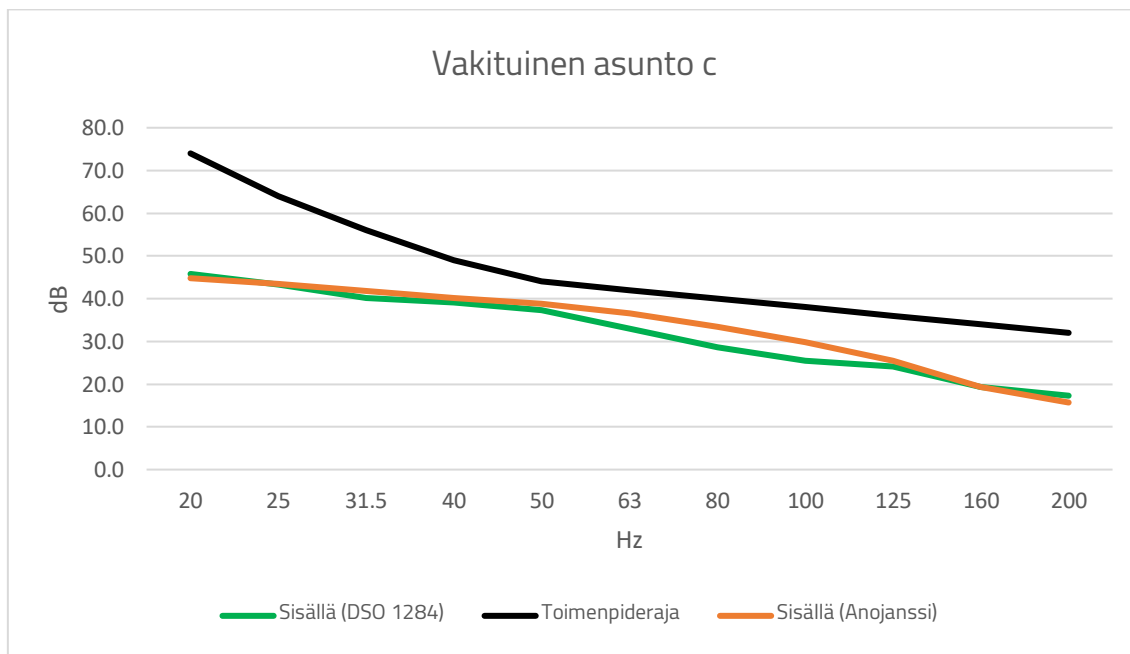
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	50.7	50.1	52.4	52.1	51.5	49.7	50.0	51.2	52.5	53.0	52.6	50.7	50.4
25	50.1	49.4	51.7	51.5	50.8	49.0	49.4	50.5	51.8	52.3	52.0	50.1	49.7
31,5	49.3	48.6	51.0	50.7	50.1	48.3	48.6	49.8	51.1	51.6	51.2	49.3	49.0
40	48.8	48.1	50.5	50.3	49.6	47.8	48.1	49.3	50.6	51.1	50.8	48.8	48.5
50	48.7	48.0	50.3	50.1	49.5	47.6	47.9	49.1	50.5	51.0	50.6	48.7	48.3
63	47.8	47.1	49.5	49.3	48.6	46.7	47.0	48.2	49.6	50.1	49.8	47.8	47.4
80	46.5	45.8	48.2	48.0	47.3	45.4	45.7	46.9	48.3	48.9	48.5	46.5	46.1
100	44.8	44.1	46.6	46.4	45.7	43.7	44.0	45.3	46.7	47.3	46.9	44.9	44.5
125	42.4	41.6	44.3	44.0	43.3	41.2	41.5	42.9	44.4	45.0	44.6	42.5	42.0
160	38.5	37.6	40.5	40.2	39.5	37.2	37.5	38.9	40.6	41.2	40.8	38.6	38.1
200	36.4	35.4	38.5	38.2	37.4	34.9	35.2	36.8	38.6	39.3	38.8	36.5	35.9

Taulukko 15. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

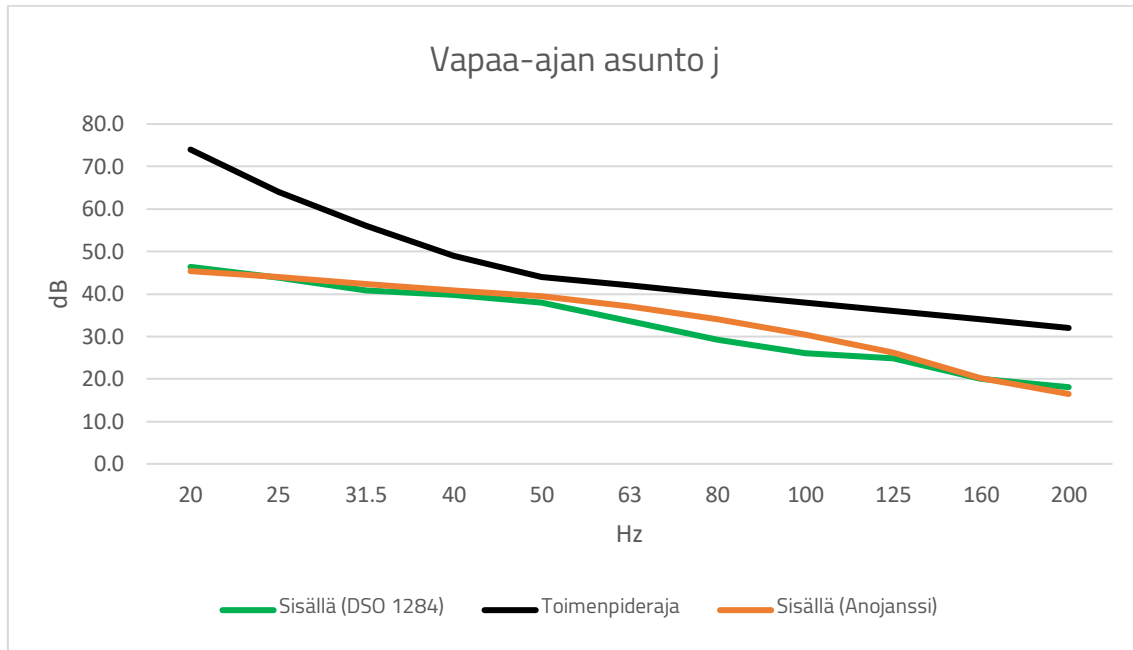
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)													
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	
20	44.1	43.5	45.8	45.5	44.9	43.1	43.4	44.6	45.9	46.4	46.0	44.1	43.8	
25	41.7	41.0	43.3	43.1	42.4	40.6	41.0	42.1	43.4	43.9	43.6	41.7	41.3	
31,5	38.5	37.8	40.2	39.9	39.3	37.5	37.8	39.0	40.3	40.8	40.4	38.5	38.2	
40	37.4	36.7	39.1	38.9	38.2	36.4	36.7	37.9	39.2	39.7	39.4	37.4	37.1	
50	35.7	35.0	37.3	37.1	36.5	34.6	34.9	36.1	37.5	38.0	37.6	35.7	35.3	
63	31.2	30.5	32.9	32.7	32.0	30.1	30.4	31.6	33.0	33.5	33.2	31.2	30.8	
80	26.8	26.1	28.5	28.3	27.6	25.7	26.0	27.2	28.6	29.2	28.8	26.8	26.4	
100	23.6	22.9	25.4	25.2	24.5	22.5	22.8	24.1	25.5	26.1	25.7	23.7	23.3	
125	22.2	21.4	24.1	23.8	23.1	21.0	21.3	22.7	24.2	24.8	24.4	22.3	21.8	
160	17.3	16.4	19.3	19.0	18.3	16.0	16.3	17.7	19.4	20.0	19.6	17.4	16.9	
200	15.2	14.2	17.3	17.0	16.2	13.7	14.0	15.6	17.4	18.1	17.6	15.3	14.7	

Taulukko 16. 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	43.1	42.5	44.8	44.5	43.9	42.1	42.4	43.6	44.9	45.4	45.0	43.1	42.8	
25	41.8	41.1	43.4	43.2	42.5	40.7	41.1	42.2	43.5	44.0	43.7	41.8	41.4	
31,5	40.1	39.4	41.8	41.5	40.9	39.1	39.4	40.6	41.9	42.4	42.0	40.1	39.8	
40	38.5	37.8	40.2	40.0	39.3	37.5	37.8	39.0	40.3	40.8	40.5	38.5	38.2	
50	37.2	36.5	38.8	38.6	38.0	36.1	36.4	37.6	39.0	39.5	39.1	37.2	36.8	
63	34.8	34.1	36.5	36.3	35.6	33.7	34.0	35.2	36.6	37.1	36.8	34.8	34.4	
80	31.7	31.0	33.4	33.2	32.5	30.6	30.9	32.1	33.5	34.1	33.7	31.7	31.3	
100	28.0	27.3	29.8	29.6	28.9	26.9	27.2	28.5	29.9	30.5	30.1	28.1	27.7	
125	23.6	22.8	25.5	25.2	24.5	22.4	22.7	24.1	25.6	26.2	25.8	23.7	23.2	
160	17.4	16.5	19.4	19.1	18.4	16.1	16.4	17.8	19.5	20.1	19.7	17.5	17.0	
200	13.6	12.6	15.7	15.4	14.6	12.1	12.4	14.0	15.8	16.5	16.0	13.7	13.1	



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa c.



Kuva 9. 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 17. Kuorinki-Vinsanmaan voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (26 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	384759	7327661	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
2	386409	7327934	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
3	384599	7329300	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
4	385503	7329574	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
5	386685	7329654	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
6	385499	7330538	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
7	386473	7331266	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
8	385792	7328671	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
9	387496	7327855	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
10	388493	7327065	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
11	389438	7327108	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
12	388900	7328280	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
13	387663	7329435	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
14	387341	7330154	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
15	388714	7329595	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
16	389803	7328900	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
17	389717	7329936	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
18	388227	7331002	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
19	387341	7331553	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
20	387540	7332572	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
21	390994	7326538	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
22	391770	7327114	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
23	391296	7327859	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
24	390826	7328548	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
25	391560	7329145	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
26	392623	7328146	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)

Taulukko 18. Kuorinki-Vinsanmaan voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (25 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	391289	7326572	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
2	387233	7328738	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
3	387353	7330092	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
4	387534	7327951	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
5	387896	7329591	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
6	388711	7329884	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
7	388772	7328816	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
8	388780	7327938	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
9	389042	7327180	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
10	389484	7330038	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
11	390151	7329649	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
12	386685	7329654	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
13	384720	7328363	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
14	384808	7329329	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
15	384894	7327488	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
16	385585	7329142	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
17	385576	7327923	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
18	386340	7328325	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
19	390968	7328302	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
20	391969	7328633	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
21	391994	7327472	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
22	387607	7332482	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
23	386972	7330788	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
24	385499	7330538	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
25	391201	7329308	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)

Taulukko 19. Kuorinki-Vinsanmaan voimaloiden sijaintitiedot, VE3 (28 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	391289	7326572	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
2	387349	7329983	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
3	387534	7327951	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
4	387918	7329530	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
5	388791	7329638	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
6	388780	7327938	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
7	388833	7328774	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
8	388877	7327188	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
9	388789	7330500	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
10	389647	7330107	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
11	390066	7329423	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
12	386685	7329654	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
13	384720	7328363	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
14	384808	7329329	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
15	384807	7327538	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
16	385500	7327938	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
17	385673	7329119	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
18	386279	7328088	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
19	390956	7328388	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
20	391129	7327688	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
21	391969	7328633	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
22	391994	7327472	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
23	387607	7332482	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
24	386401	7331052	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
25	387035	7330637	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
26	387060	7328545	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
27	385413	7330588	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)
28	391201	7329308	VESTAS V172-7.2 MW 200 m HH, 106.9 + 2 dB(A)