



MELUSELVITYS

Niinimäen Tuulivoimahanke

12.11.2024

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, VE1.....	12
6.4	Yhteisvaikutusten mallinnus,VE1	13
6.5	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	14
6.6	Yhteisvaikutusten mallinnus,VE2	15
6.7	Pienitaajuinen melu	16
6.8	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	17
6.9	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	17
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	19
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, NIINIMÄKI	20

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	22
Liite 2: Melumallinnuksen Tulokset: Yhteisvaikutukset.....	22
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta (VE1)	23
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta (VE2)	25
Liite 5: Pienitaajuisen Melun Laskenta, Yhteisvaikutukset (VE1).....	28
Liite 6: Pienitaajuisen Melun Laskenta, Yhteisvaikutukset (VE2).....	31
Liite 7: Sijoitussuunnitelmat.....	34

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Afonso Lugo 12-11-2024	Ilmari Katajamäki 14-11-2024	Ilmari Katajamäki 14-11-2024	Niinimäen tuulivoimahankkeen meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Niinimäen tuulivoimahankkeen meluselvitys.

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 Niinimäen tuulivoima-alueelle Hattulan kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 9–12 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty WTG200- voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja äänitehotaso 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali (Vestaksen lokakuussa 2024 päivittämiä äänitietoja voimalatyypille V172 7.2MW).

Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavamenettelyä varten:

- VE1: 12 voimalaa.
- VE2: 9 voimalaa.

Läheinen tuulivoimahanke Isosaari (5 voimalaa) on huomioitu yhteisvaikutusten mallinuksissa (kappale 6.4–6.6). Isosaaren voimalatyyppi on V172 7.2MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 +2 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.

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	40 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.

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. Tämän takia lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n varmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016).

Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Niinimäki	WTG200 7,2 MW	200	107,8+2,0	Käytössä
Isosaari	V172 7,2 MW	175	107,8+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 kymmenen 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 tuulivoima-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 14 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 ohjeeseen 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 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 pienitaajuisen 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-)	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

Niinimäen tuulivoima-alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

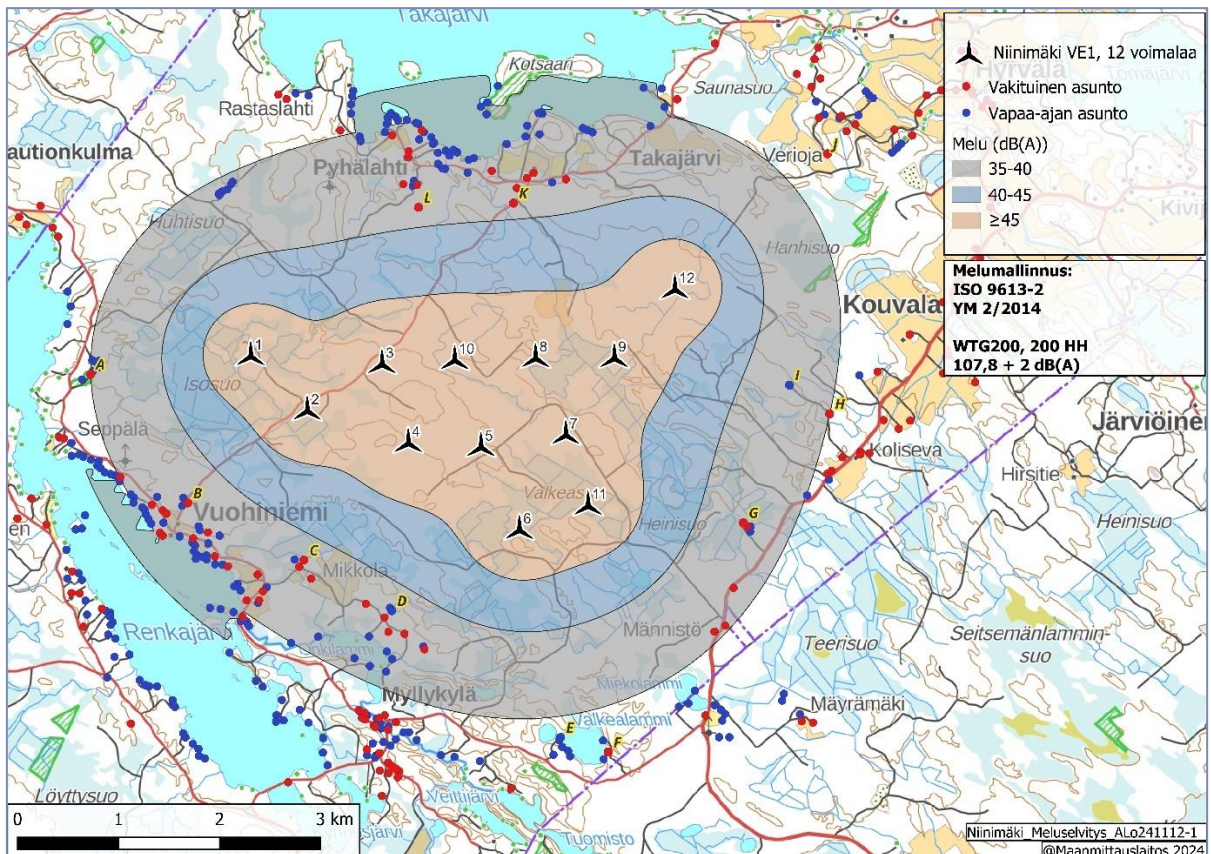
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

Tuulivoimahankkeen 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, VE1

Melumallinnuksessa on käytetty WTG200 7,2 MW -voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 12 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 1. Niinimäen tuulivoima-alueen melumallinnus (VE1), WTG200 7,2MW, 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A). Kaksitoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (A-L).

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 12 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 39,1 dB(A) (vakituinen asunto K).

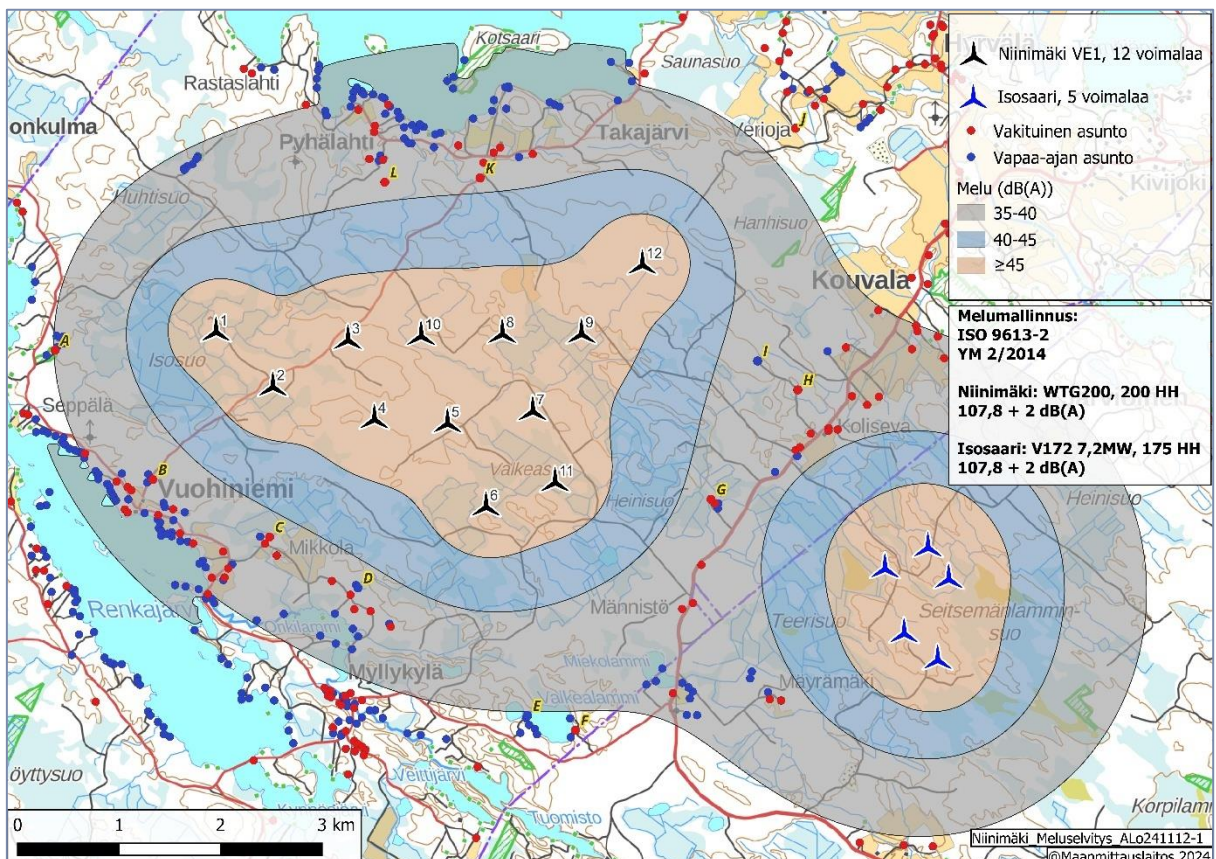
Tuulivoima-alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS, VE1

Kuvassa 2 esitetään melun yhteisvaikutukset alueelle, kun Isosaaren tuulivoimahankkeen tuulivoimalat on myös huomioitu mallinnuksessa. Melumallinnuksessa Niinimäen hankkeessa käytettiin WTG200 -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 12 voimalan sijoitussuunnitelmaa.

Isosaaren tuulivoimahanke koostuu julkisten rakennuslupatietojen mukaan 5 voimalasta. Mallinnuksessa käytettiin V172 7.2 MW -tuulivoimalan äänitietoja, koska julkisesti saatavilla olevien tietojen mukaan tämä on puistoon valittu rakennettava voimalatyyppi. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 175 m.

Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



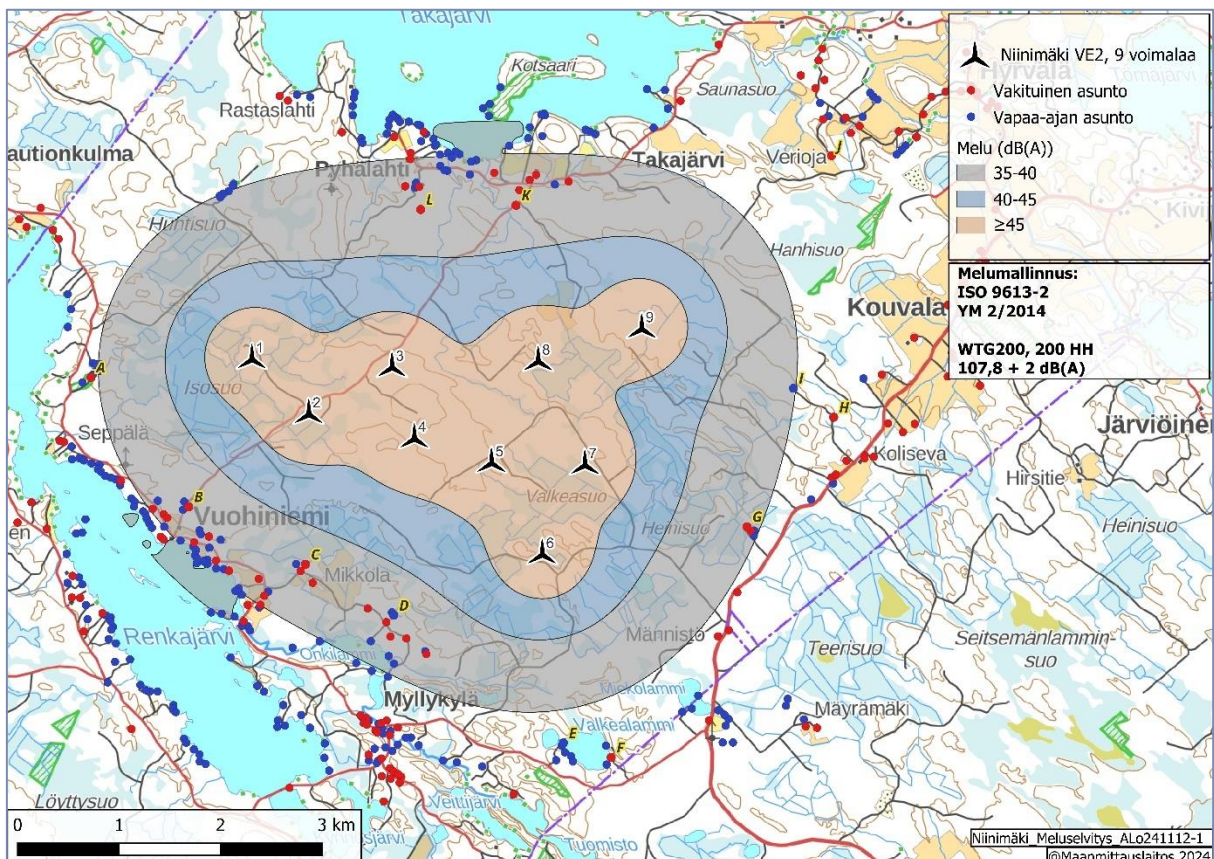
Kuva 2. Niinimäen tuulivoimahankkeen (VE1), WTG200 7,2MW, 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A), ja läheisen tuulivoimahankkeen, Isosaaren, yhteisvaikutusten melumallinnus. Kaksitoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (A-L).

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 12 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso on 39,3 dB(A) vakituisen asunnon "L" kohdalla.

6.5 TOIMINNAN AIKAISET VAIKUTUKSET, VE2

Melumallinnuksessa on käytetty WTG200-voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 9 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 3. Niinimäen tuulivoimahankkeen melumallinnus (VE2), WTG200 7,2MW, 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A). Yhdeksän 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 12 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 38,2 dB(A) (vakituinen asunto C).

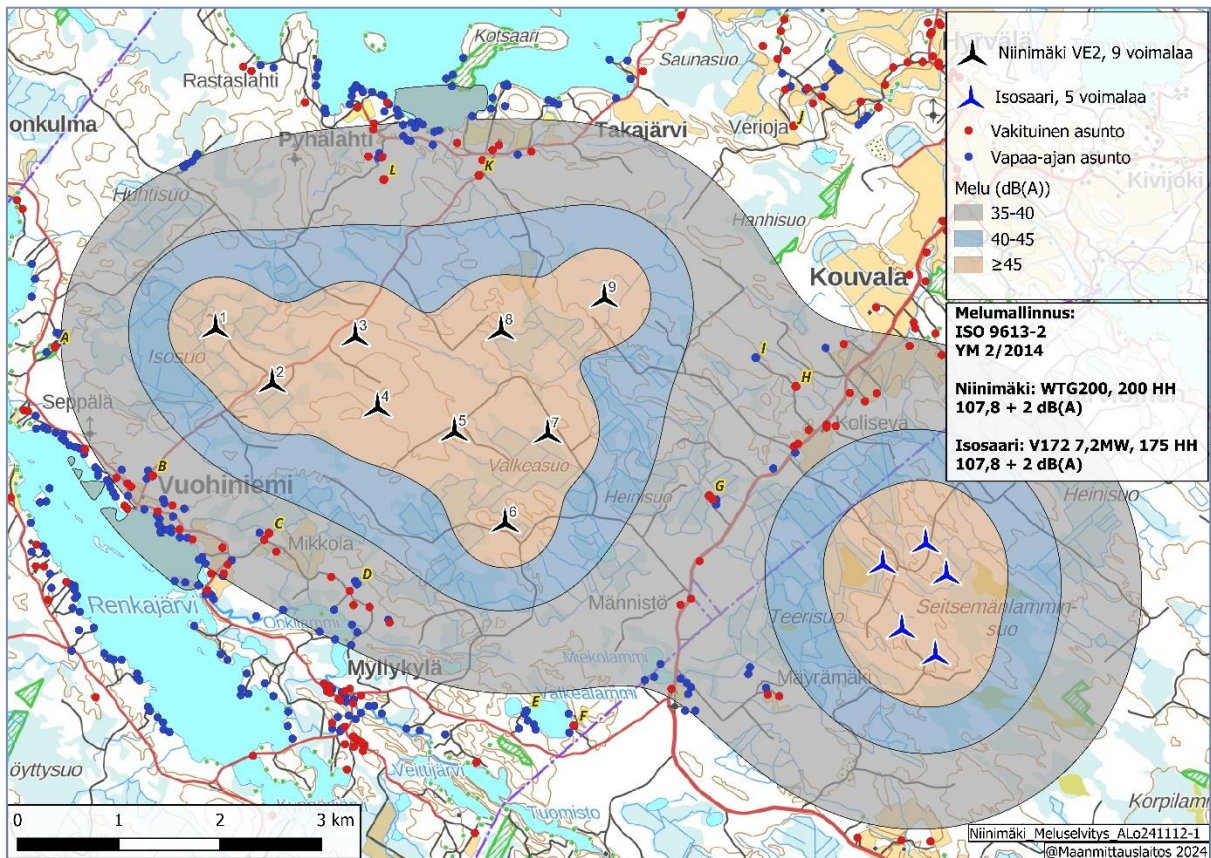
Tuulivoima-alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS, VE2

Kuvassa 2 esitetään melun yhteisvaikutukset alueelle, kun Isosaaren tuulivoimahankkeen tuulivoimalat on myös huomioitu mallinnuksessa. Melumallinnuksessa Niinimäen hankkeessa käytettiin WTG200 -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 9 voimalan sijoitus suunnitelmaa.

Isosaaren tuulivoimahanke koostuu julkisten rakennuslupatietojen mukaan 5 voimalasta. Mallinnuksessa käytettiin V172 7.2 MW -tuulivoimalan äänitietoja, koska julkisesti saatavilla olevien tietojen mukaan tämä on puistoon valittu rakennettava voimalatyyppi. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 175 m.

Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 4. Niinimäen tuulivoimahankkeen (VE2), WTG200 7,2MW, 200 m HH, 107,8 + 2,0 dB(A), ja läheisen tuulivoimahankkeen, Isosaaren, yhteisvaikutusten melumallinnus. Kaksitoista havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (A-L).

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 12 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso on 38,2 dB(A) vakituisen asunnon "G" kohdalla.

6.7 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 3–6.

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 Niinimäen tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko vähäiset.

6.8 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 tuulivoimahankkeen rakentamista.

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

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.
Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

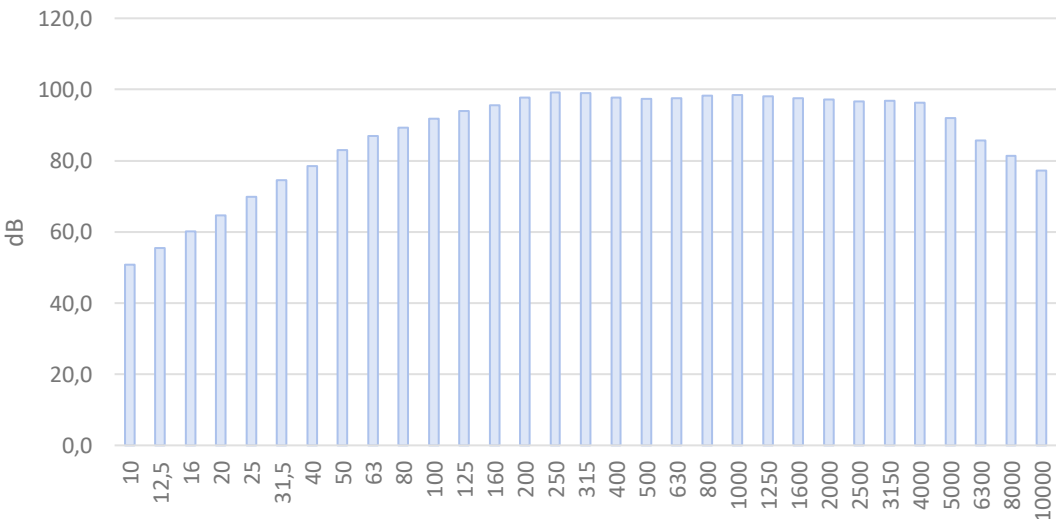
Vestas (2022). *Third Octave Noise emission EnVentus™ V172-7.2MW*. DMS 0128-4336_00. Date: 2022-06-30

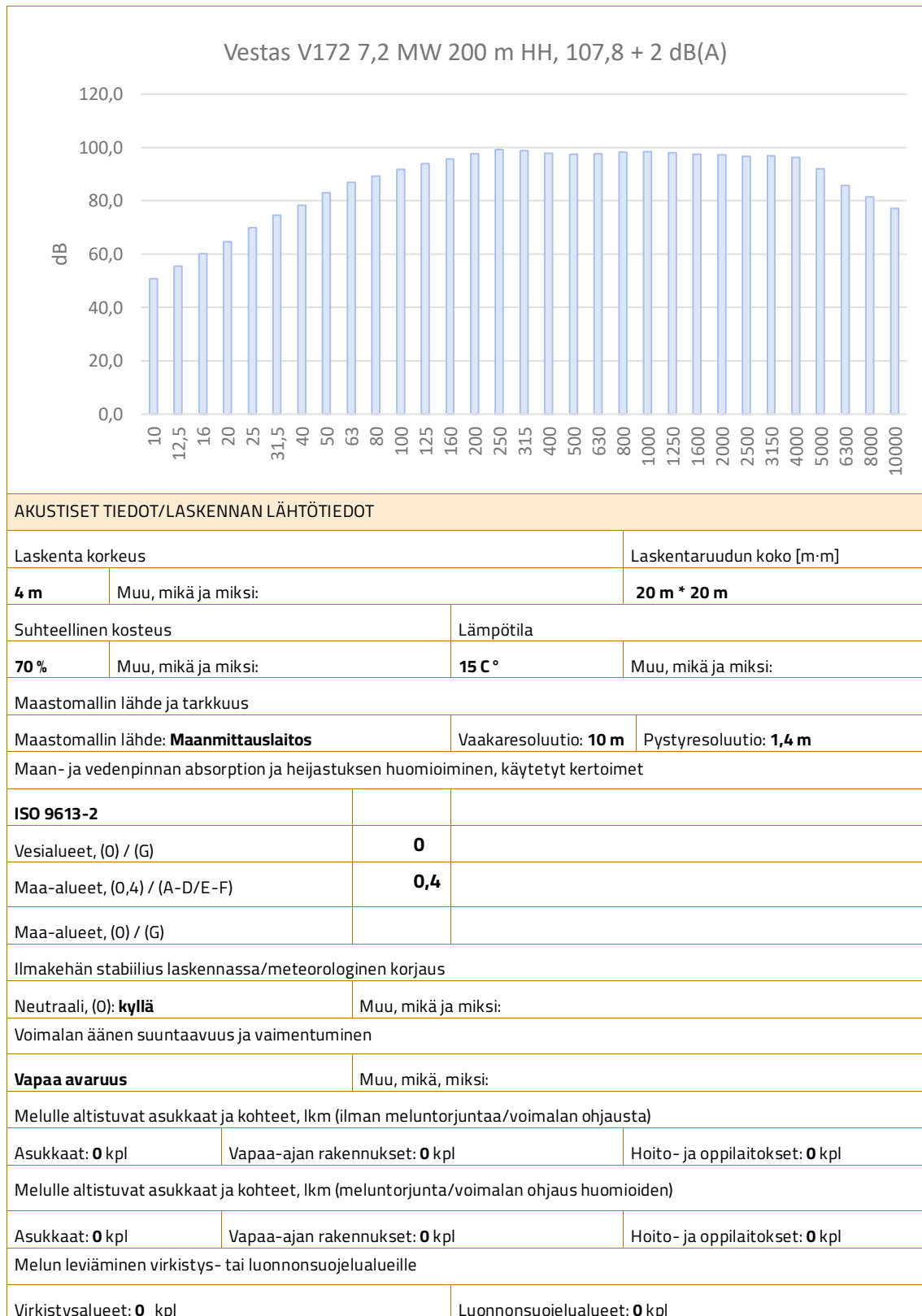
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*. Saatavilla:
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Helsinki*. Saatavilla:
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

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

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, NIINIMÄKI

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste: ALo241112-1		Raportin hyväksyntäpäivämäärä:	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440			
Vastuuhenkilöt: Afonso Lugo			
Laatija: Afonso Lugo		Tarkastaja/hyväksyjä: Ilmari Katajamäki	
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: 200 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 WTG200 7,2 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A))			
Vestas WTG200 7,2 MW 200 m HH, 107,8 + 2 dB(A) 			
Melupäästötiedot Vestas V172 7,2 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A))			



LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Niinimäen 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)]	Ohjearvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	343040	6762065	40	35.0	35.0	Ei
B	Vakituinen asunto	344002	6760793	40	37.2	37.1	Ei
C	Vakituinen asunto	345153	6760227	40	38.6	38.2	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	346023	6759726	40	38.5	38.0	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	347694	6758471	40	34.1	33.8	Ei
F	Vakituinen asunto	348165	6758328	40	33.1	32.7	Ei
G	Vakituinen asunto	349502	6760597	40	37.3	36.0	Ei
H	Vakituinen asunto	350357	6761674	40	35.0	33.5	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	40	37.2	35.5	Ei
J	Vakituinen asunto	350336	6764248	40	32.7	30.6	Ei
K	Vakituinen asunto	347227	6763759	40	39.1	37.8	Ei
L	Vakituinen asunto	346288	6763718	40	38.9	37.8	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Niinimäen 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)]	Ohjearvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	343040	6762065	40	35.1	34.7	Ei
B	Vakituinen asunto	344002	6760793	40	37.3	36.8	Ei
C	Vakituinen asunto	345153	6760227	40	38.7	37.9	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	346023	6759726	40	38.6	37.7	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	347694	6758471	40	34.9	34.3	Ei
F	Vakituinen asunto	348165	6758328	40	34.4	33.8	Ei
G	Vakituinen asunto	349502	6760597	40	39.2	38.2	Ei
H	Vakituinen asunto	350357	6761674	40	37.8	36.9	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	40	38.4	36.9	Ei
J	Vakituinen asunto	350336	6764248	40	33.4	31.3	Ei
K	Vakituinen asunto	347227	6763759	40	39.2	37.6	Ei
L	Vakituinen asunto	346288	6763718	40	39.3	37.5	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Niinimäen vaihtoehdolle VE1 (12 tuulivoimalaa).

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

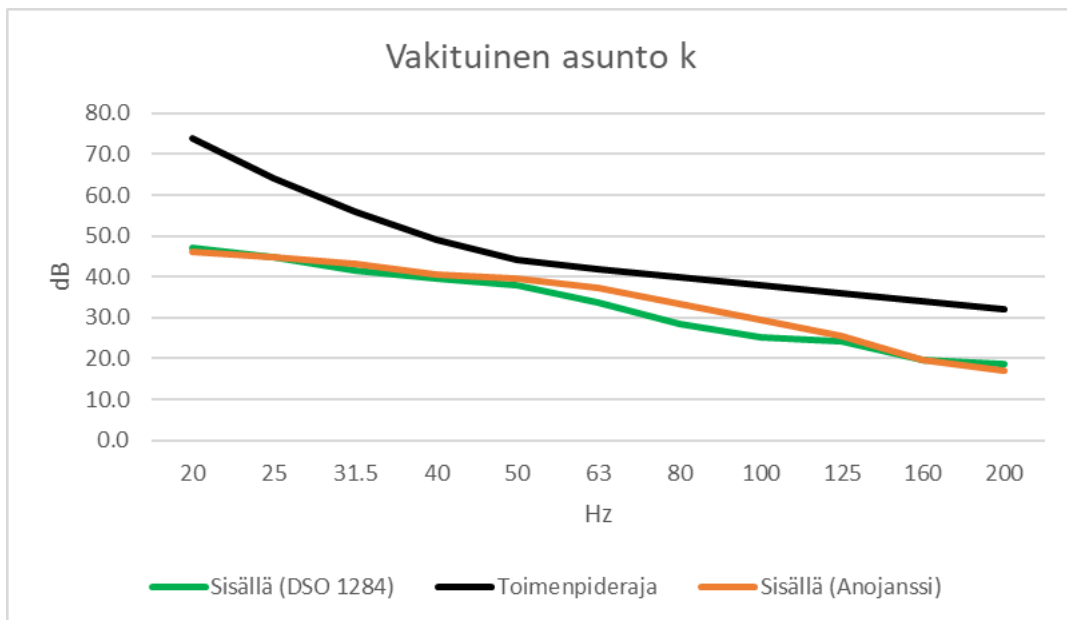
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	50.5	52.2	53.4	53.4	50.2	49.5	52.4	50.8	52.3	49.1	53.8	53.7
25	49.8	51.6	52.7	52.7	49.5	48.9	51.8	50.1	51.6	48.4	53.2	53.0
31.5	49.0	50.7	51.9	51.9	48.7	48.0	50.9	49.3	50.8	47.6	52.4	52.2
40	47.6	49.3	50.5	50.4	47.2	46.6	49.5	47.8	49.3	46.1	50.9	50.8
50	47.6	49.3	50.5	50.5	47.3	46.6	49.5	47.9	49.4	46.1	51.0	50.8
63	46.9	48.6	49.8	49.8	46.5	45.9	48.8	47.2	48.7	45.4	50.3	50.1
80	44.6	46.4	47.6	47.6	44.3	43.6	46.6	44.9	46.5	43.1	48.1	47.9
100	42.9	44.7	45.9	45.9	42.5	41.8	44.9	43.2	44.8	41.3	46.4	46.2
125	40.7	42.6	43.9	43.8	40.3	39.5	42.8	41.0	42.6	39.0	44.3	44.2
160	37.0	39.0	40.3	40.2	36.5	35.7	39.2	37.3	39.0	35.2	40.8	40.6
200	36.0	38.1	39.4	39.4	35.4	34.6	38.3	36.3	38.1	34.1	39.9	39.8

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

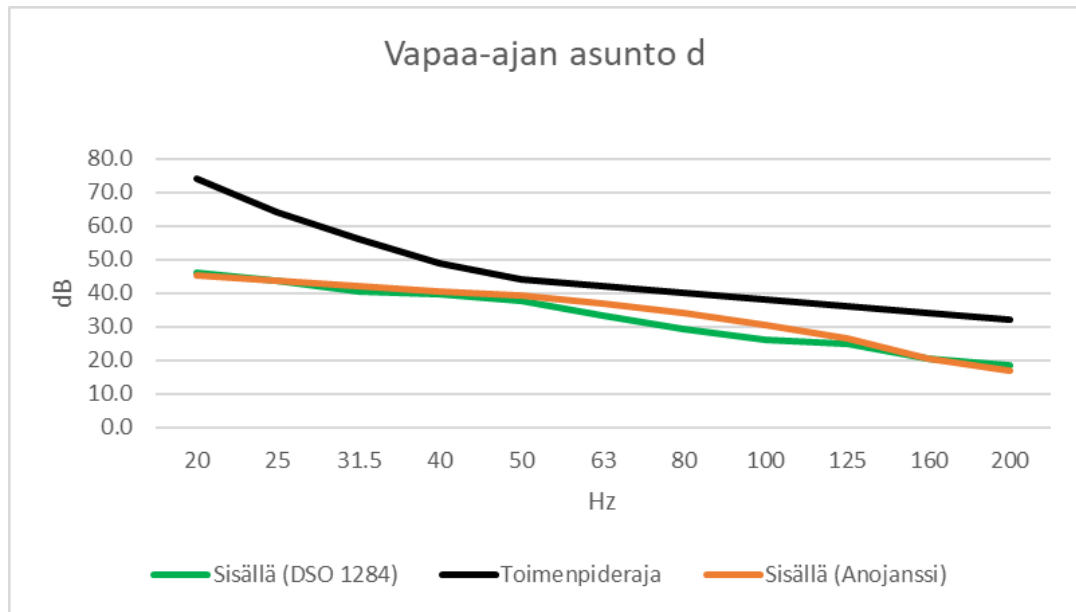
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	43.9	45.6	46.8	46.8	43.6	42.9	45.8	44.2	45.7	42.5	47.2	47.1
25	41.4	43.2	44.3	44.3	41.1	40.5	43.4	41.7	43.2	40.0	44.8	44.6
31.5	38.2	39.9	41.1	41.1	37.9	37.2	40.1	38.5	40.0	36.8	41.6	41.4
40	36.2	37.9	39.1	39.0	35.8	35.2	38.1	36.4	37.9	34.7	39.5	39.4
50	34.6	36.3	37.5	37.5	34.3	33.6	36.5	34.9	36.4	33.1	38.0	37.8
63	30.3	32.0	33.2	33.2	29.9	29.3	32.2	30.6	32.1	28.8	33.7	33.5
80	24.9	26.7	27.9	27.9	24.6	23.9	26.9	25.2	26.8	23.4	28.4	28.2
100	21.7	23.5	24.7	24.7	21.3	20.6	23.7	22.0	23.6	20.1	25.2	25.0
125	20.5	22.4	23.7	23.6	20.1	19.3	22.6	20.8	22.4	18.8	24.1	24.0
160	15.8	17.8	19.1	19.0	15.3	14.5	18.0	16.1	17.8	14.0	19.6	19.4
200	14.8	16.9	18.2	18.2	14.2	13.4	17.1	15.1	16.9	12.9	18.7	18.6

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
20	42.9	44.6	45.8	45.8	42.6	41.9	44.8	43.2	44.7	41.5	46.2	46.1
25	41.5	43.3	44.4	44.4	41.2	40.6	43.5	41.8	43.3	40.1	44.9	44.7
31.5	39.8	41.5	42.7	42.7	39.5	38.8	41.7	40.1	41.6	38.4	43.2	43.0
40	37.3	39.0	40.2	40.1	36.9	36.3	39.2	37.5	39.0	35.8	40.6	40.5
50	36.1	37.8	39.0	39.0	35.8	35.1	38.0	36.4	37.9	34.6	39.5	39.3
63	33.9	35.6	36.8	36.8	33.5	32.9	35.8	34.2	35.7	32.4	37.3	37.1
80	29.8	31.6	32.8	32.8	29.5	28.8	31.8	30.1	31.7	28.3	33.3	33.1
100	26.1	27.9	29.1	29.1	25.7	25.0	28.1	26.4	28.0	24.5	29.6	29.4
125	21.9	23.8	25.1	25.0	21.5	20.7	24.0	22.2	23.8	20.2	25.5	25.4
160	15.9	17.9	19.2	19.1	15.4	14.6	18.1	16.2	17.9	14.1	19.7	19.5
200	13.2	15.3	16.6	16.6	12.6	11.8	15.5	13.5	15.3	11.3	17.1	17.0



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



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

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE2)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Niinimäen vaihtoehdolle VE2 (9 tuulivoimalaa).

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

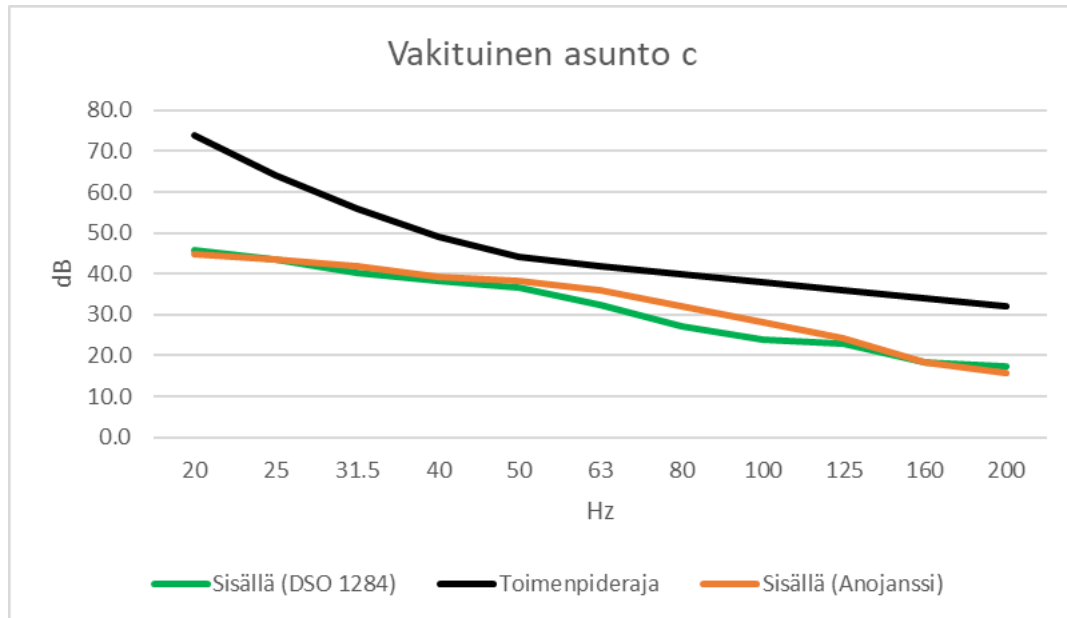
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	49.9	51.5	52.5	52.4	49.2	48.5	50.8	49.1	50.4	47.0	52.3	52.3
25	49.2	50.9	51.9	51.7	48.6	47.8	50.2	48.4	49.7	46.3	51.6	51.6
31.5	48.4	50.1	51.1	50.9	47.7	47.0	49.4	47.6	48.9	45.5	50.8	50.8
40	46.9	48.6	49.6	49.5	46.3	45.5	47.9	46.1	47.5	44.0	49.3	49.4
50	47.0	48.7	49.7	49.5	46.3	45.6	48.0	46.1	47.5	44.0	49.4	49.4
63	46.3	48.0	49.0	48.8	45.6	44.8	47.3	45.4	46.8	43.3	48.7	48.7
80	44.0	45.8	46.8	46.6	43.4	42.6	45.0	43.2	44.6	41.0	46.5	46.5
100	42.3	44.1	45.1	44.9	41.6	40.8	43.3	41.4	42.8	39.1	44.8	44.8
125	40.2	42.0	43.0	42.9	39.4	38.5	41.2	39.2	40.7	36.9	42.7	42.7
160	36.5	38.4	39.4	39.3	35.6	34.7	37.5	35.4	37.0	32.9	39.1	39.1
200	35.5	37.5	38.6	38.4	34.6	33.6	36.7	34.4	36.1	31.7	38.3	38.3

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

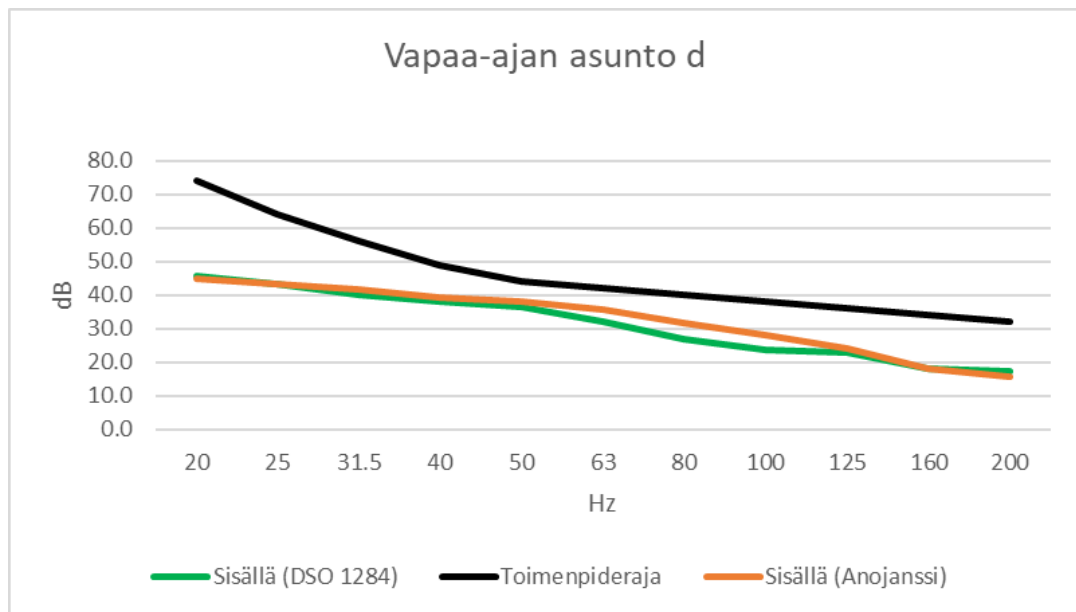
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	43.3	44.9	45.9	45.8	42.6	41.9	44.2	42.5	43.8	40.4	45.7	45.7
25	40.8	42.5	43.5	43.3	40.2	39.4	41.8	40.0	41.3	37.9	43.2	43.2
31.5	37.6	39.3	40.3	40.1	36.9	36.2	38.6	36.8	38.1	34.7	40.0	40.0
40	35.5	37.2	38.2	38.1	34.9	34.1	36.5	34.7	36.1	32.6	37.9	38.0
50	34.0	35.7	36.7	36.5	33.3	32.6	35.0	33.1	34.5	31.0	36.4	36.4
63	29.7	31.4	32.4	32.2	29.0	28.2	30.7	28.8	30.2	26.7	32.1	32.1
80	24.3	26.1	27.1	26.9	23.7	22.9	25.3	23.5	24.9	21.3	26.8	26.8
100	21.1	22.9	23.9	23.7	20.4	19.6	22.1	20.2	21.6	17.9	23.6	23.6
125	20.0	21.8	22.8	22.7	19.2	18.3	21.0	19.0	20.5	16.7	22.5	22.5
160	15.3	17.2	18.2	18.1	14.4	13.5	16.3	14.2	15.8	11.7	17.9	17.9
200	14.3	16.3	17.4	17.2	13.4	12.4	15.5	13.2	14.9	10.5	17.1	17.1

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
20	42.3	43.9	44.9	44.8	41.6	40.9	43.2	41.5	42.8	39.4	44.7	44.7
25	40.9	42.6	43.6	43.4	40.3	39.5	41.9	40.1	41.4	38.0	43.3	43.3
31.5	39.2	40.9	41.9	41.7	38.5	37.8	40.2	38.4	39.7	36.3	41.6	41.6
40	36.6	38.3	39.3	39.2	36.0	35.2	37.6	35.8	37.2	33.7	39.0	39.1
50	35.5	37.2	38.2	38.0	34.8	34.1	36.5	34.6	36.0	32.5	37.9	37.9
63	33.3	35.0	36.0	35.8	32.6	31.8	34.3	32.4	33.8	30.3	35.7	35.7
80	29.2	31.0	32.0	31.8	28.6	27.8	30.2	28.4	29.8	26.2	31.7	31.7
100	25.5	27.3	28.3	28.1	24.8	24.0	26.5	24.6	26.0	22.3	28.0	28.0
125	21.4	23.2	24.2	24.1	20.6	19.7	22.4	20.4	21.9	18.1	23.9	23.9
160	15.4	17.3	18.3	18.2	14.5	13.6	16.4	14.3	15.9	11.8	18.0	18.0
200	12.7	14.7	15.8	15.6	11.8	10.8	13.9	11.6	13.3	8.9	15.5	15.5



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa c.



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa d.

LIITE 5: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE1)

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 Niinimäki (12 voimalaa) ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen (5 voimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 15. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

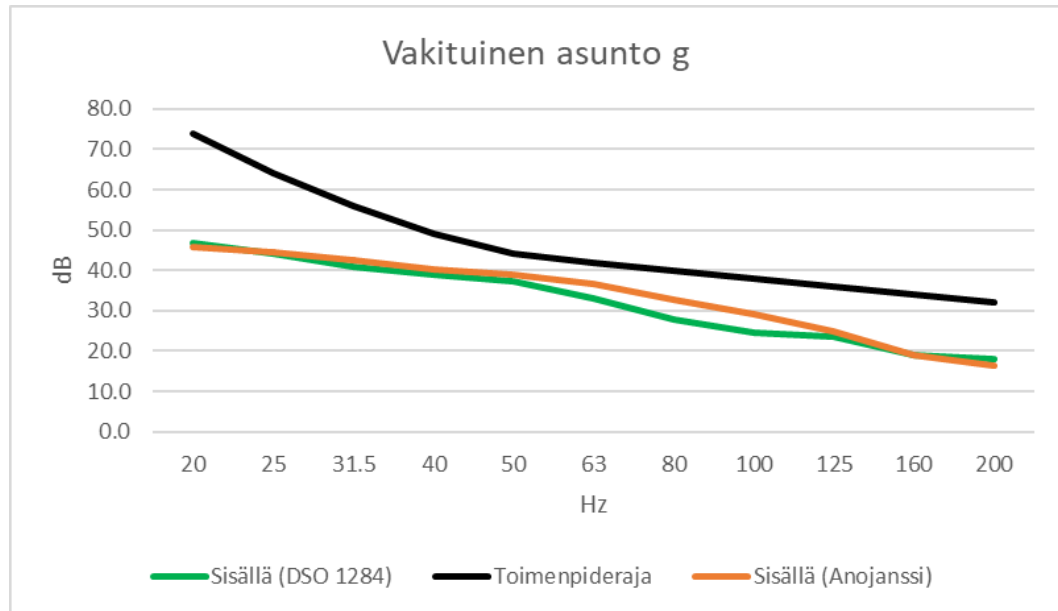
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	50.1	51.8	52.8	52.7	50.5	50.2	53.3	52.3	52.3	48.5	52.6	52.5
25	49.5	51.1	52.1	52.1	49.8	49.6	52.7	51.7	51.7	47.9	51.9	51.9
31.5	48.6	50.3	51.3	51.3	49.0	48.7	51.8	50.8	50.9	47.0	51.1	51.1
40	47.2	48.9	49.9	49.8	47.5	47.3	50.4	49.4	49.4	45.5	49.7	49.6
50	47.2	48.9	49.9	49.9	47.6	47.3	50.4	49.4	49.5	45.6	49.7	49.7
63	46.5	48.2	49.2	49.2	46.8	46.6	49.7	48.7	48.7	44.8	49.0	49.0
80	44.2	46.0	47.0	47.0	44.6	44.3	47.5	46.5	46.5	42.5	46.8	46.7
100	42.5	44.3	45.3	45.2	42.8	42.5	45.8	44.8	44.8	40.6	45.1	45.0
125	40.3	42.1	43.2	43.1	40.6	40.2	43.7	42.6	42.6	38.3	43.0	42.9
160	36.6	38.5	39.6	39.5	36.8	36.4	40.1	38.9	39.0	34.3	39.3	39.3
200	35.6	37.6	38.7	38.6	35.7	35.3	39.2	38.0	38.0	33.0	38.5	38.4

Taulukko 16. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

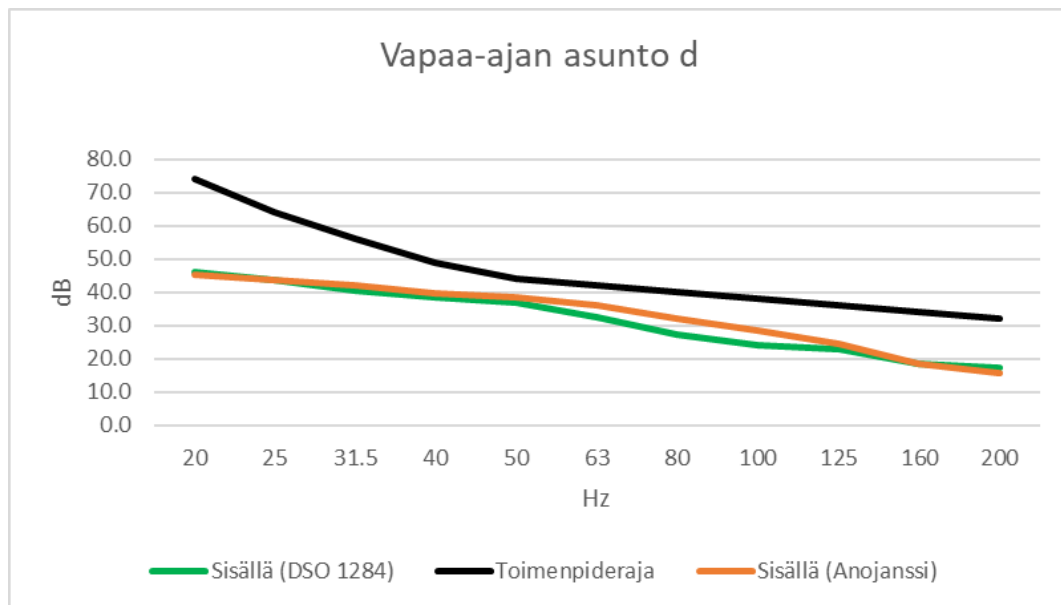
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	43.5	45.2	46.2	46.1	43.9	43.6	46.7	45.7	45.7	41.9	46.0	45.9
25	41.1	42.7	43.7	43.7	41.4	41.2	44.3	43.3	43.3	39.5	43.5	43.5
31.5	37.8	39.5	40.5	40.5	38.2	37.9	41.0	40.0	40.1	36.2	40.3	40.3
40	35.8	37.5	38.5	38.4	36.1	35.9	39.0	38.0	38.0	34.1	38.3	38.2
50	34.2	35.9	36.9	36.9	34.6	34.3	37.4	36.4	36.5	32.6	36.7	36.7
63	29.9	31.6	32.6	32.6	30.2	30.0	33.1	32.1	32.1	28.2	32.4	32.4
80	24.5	26.3	27.3	27.3	24.9	24.6	27.8	26.8	26.8	22.8	27.1	27.0
100	21.3	23.1	24.1	24.0	21.6	21.3	24.6	23.6	23.6	19.4	23.9	23.8
125	20.1	21.9	23.0	22.9	20.4	20.0	23.5	22.4	22.4	18.1	22.8	22.7
160	15.4	17.3	18.4	18.3	15.6	15.2	18.9	17.7	17.8	13.1	18.1	18.1
200	14.4	16.4	17.5	17.4	14.5	14.1	18.0	16.8	16.8	11.8	17.3	17.2

Taulukko 17. 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
20	42.5	44.2	45.2	45.1	42.9	42.6	45.7	44.7	44.7	40.9	45.0	44.9
25	41.2	42.8	43.8	43.8	41.5	41.3	44.4	43.4	43.4	39.6	43.6	43.6
31.5	39.4	41.1	42.1	42.1	39.8	39.5	42.6	41.6	41.7	37.8	41.9	41.9
40	36.9	38.6	39.6	39.5	37.2	37.0	40.1	39.1	39.1	35.2	39.4	39.3
50	35.7	37.4	38.4	38.4	36.1	35.8	38.9	37.9	38.0	34.1	38.2	38.2
63	33.5	35.2	36.2	36.2	33.8	33.6	36.7	35.7	35.7	31.8	36.0	36.0
80	29.4	31.2	32.2	32.2	29.8	29.5	32.7	31.7	31.7	27.7	32.0	31.9
100	25.7	27.5	28.5	28.4	26.0	25.7	29.0	28.0	28.0	23.8	28.3	28.2
125	21.5	23.3	24.4	24.3	21.8	21.4	24.9	23.8	23.8	19.5	24.2	24.1
160	15.5	17.4	18.5	18.4	15.7	15.3	19.0	17.8	17.9	13.2	18.2	18.2
200	12.8	14.8	15.9	15.8	12.9	12.5	16.4	15.2	15.2	10.2	15.7	15.6



Kuva 9. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa g.



Kuva 10. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa d.

LIITE 6: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE2)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Niinimäki (9 voimalaa) ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen (5 voimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 18. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

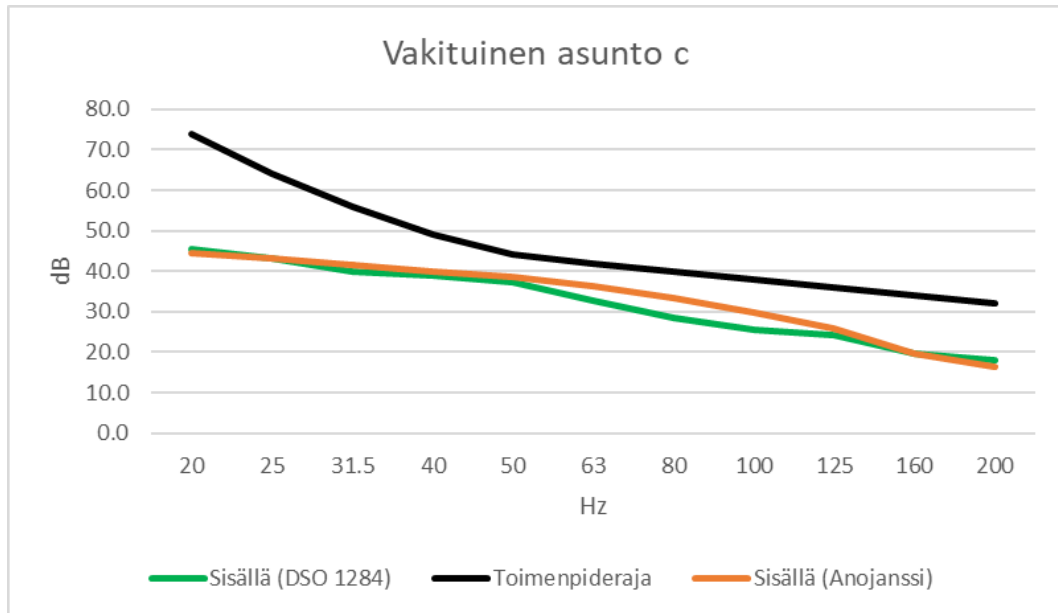
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	49.5	51.2	52.2	52.1	49.9	49.6	52.7	51.7	51.7	47.9	52.0	51.9
25	48.9	50.5	51.5	51.5	49.2	49.0	52.1	51.1	51.1	47.3	51.3	51.3
31.5	48.1	49.8	50.8	50.8	48.5	48.2	51.3	50.3	50.4	46.5	50.6	50.6
40	47.7	49.4	50.4	50.3	48.0	47.8	50.9	49.9	49.9	46.0	50.2	50.1
50	47.5	49.2	50.2	50.2	47.9	47.6	50.7	49.7	49.7	45.9	50.0	50.0
63	46.7	48.4	49.4	49.4	47.0	46.8	49.9	48.9	48.9	45.0	49.2	49.2
80	45.4	47.2	48.2	48.2	45.8	45.5	48.7	47.7	47.7	43.7	48.0	47.9
100	43.9	45.7	46.7	46.6	44.2	43.9	47.2	46.2	46.2	42.0	46.5	46.4
125	41.6	43.4	44.5	44.4	41.9	41.5	45.0	43.9	43.9	39.6	44.3	44.2
160	37.9	39.8	40.9	40.8	38.1	37.7	41.4	40.2	40.3	35.6	40.6	40.6
200	36.0	38.0	39.1	39.0	36.1	35.7	39.6	38.4	38.4	33.4	38.9	38.8

Taulukko 19. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen D50 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

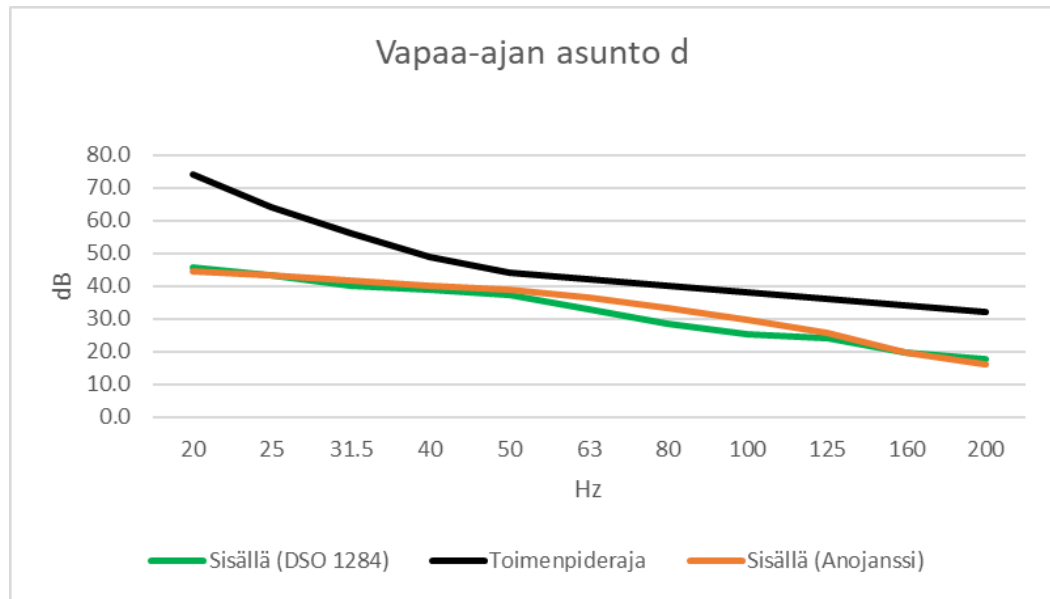
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
20	42.9	44.6	45.6	45.5	43.3	43.0	46.1	45.1	45.1	41.3	45.4	45.3
25	40.5	42.1	43.1	43.1	40.8	40.6	43.7	42.7	42.7	38.9	42.9	42.9
31.5	37.3	39.0	40.0	40.0	37.7	37.4	40.5	39.5	39.6	35.7	39.8	39.8
40	36.3	38.0	39.0	38.9	36.6	36.4	39.5	38.5	38.5	34.6	38.8	38.7
50	34.5	36.2	37.2	37.2	34.9	34.6	37.7	36.7	36.7	32.9	37.0	37.0
63	30.1	31.8	32.8	32.8	30.4	30.2	33.3	32.3	32.3	28.4	32.6	32.6
80	25.7	27.5	28.5	28.5	26.1	25.8	29.0	28.0	28.0	24.0	28.3	28.2
100	22.7	24.5	25.5	25.4	23.0	22.7	26.0	25.0	25.0	20.8	25.3	25.2
125	21.4	23.2	24.3	24.2	21.7	21.3	24.8	23.7	23.7	19.4	24.1	24.0
160	16.7	18.6	19.7	19.6	16.9	16.5	20.2	19.0	19.1	14.4	19.4	19.4
200	14.8	16.8	17.9	17.8	14.9	14.5	18.4	17.2	17.2	12.2	17.7	17.6

Taulukko 20. 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
20	41.9	43.6	44.6	44.5	42.3	42.0	45.1	44.1	44.1	40.3	44.4	44.3
25	40.6	42.2	43.2	43.2	40.9	40.7	43.8	42.8	42.8	39.0	43.0	43.0
31.5	38.9	40.6	41.6	41.6	39.3	39.0	42.1	41.1	41.2	37.3	41.4	41.4
40	37.4	39.1	40.1	40.0	37.7	37.5	40.6	39.6	39.6	35.7	39.9	39.8
50	36.0	37.7	38.7	38.7	36.4	36.1	39.2	38.2	38.2	34.4	38.5	38.5
63	33.7	35.4	36.4	36.4	34.0	33.8	36.9	35.9	35.9	32.0	36.2	36.2
80	30.6	32.4	33.4	33.4	31.0	30.7	33.9	32.9	32.9	28.9	33.2	33.1
100	27.1	28.9	29.9	29.8	27.4	27.1	30.4	29.4	29.4	25.2	29.7	29.6
125	22.8	24.6	25.7	25.6	23.1	22.7	26.2	25.1	25.1	20.8	25.5	25.4
160	16.8	18.7	19.8	19.7	17.0	16.6	20.3	19.1	19.2	14.5	19.5	19.5
200	13.2	15.2	16.3	16.2	13.3	12.9	16.8	15.6	15.6	10.6	16.1	16.0



Kuva 11. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituiseissa asunnossa c.



Kuva 12. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuuden melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa d.

LIITE 7: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (12 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	344624	6762278	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
2	345184	6761738	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
3	345924	6762198	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
4	346184	6761418	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
5	346904	6761378	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
6	347284	6760558	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
7	347744	6761498	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
8	347444	6762258	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
9	348224	6762258	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
10	346644	6762238	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
11	347964	6760798	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
12	348824	6762938	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)

Taulukko 22. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (9 voimalaa).

Voimala n ID	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	344624	6762278	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
2	345184	6761738	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
3	346004	6762198	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
4	346224	6761498	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
5	346984	6761258	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
6	347484	6760358	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
7	347904	6761238	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
8	347444	6762258	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
9	348464	6762578	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)

Taulukko 23. Isosaaren voimaloiden sijaintitiedot (5 voimalaa).

Voimala n ID	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	351213	6759950	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
2	351402	6759313	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
3	351733	6759052	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
4	351841	6759847	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)
5	351637	6760157	WTG200 7,2 MW 200 m HH 107,8 + 2 dB(A)