



MELUSELVITYS

Rokamo-Nälkämän Tuulipuisto

16.12.2024

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	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	13
6.5	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE1	14
6.6	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE2.....	15
6.7	Pienitaajuinen melu	16
6.8	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	16
6.9	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	16
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, ROKAMO-NÄLKÄMÄ.....	19

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	21
Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: yhteisvaikutukset.....	21
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta (VE1)	22
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta (VE2)	24
Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE1)	27
Liite 6: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE2)	30
Liite 7: Sijoitussuunnitelmat.....	33

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Ilona Rämä 16.12.2024	Ilmari Katajamäki 17.12.2024	Ilmari Katajamäki 17.12.2024	Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen toiminnassa oleva tuulivoimapuisto Nuolivaara.

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 WindPRO-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 Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuistolle Kemijärven kaupungin alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 8 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty voimalamallin WTG200 7,2 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja äänitehotaso 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) windPRO Ver4.1 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen WindPRO-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

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

- VE1: 8 voimalaa.
- VE2: 8 voimalaa.

Naapuripuisto Nuolivaara (17 voimalaa) on huomioitu yhteisvaikutusten mallinuksissa (kappale 6.5–6.6). Nuolivaaran voimalatyyppi on N163 5.7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 +2,0 dB(A).

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. Oleellisimmat 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 (1 m)	

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 takuarvoja. 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
Rokamo-Nälkämä	WTG200 7,2 MW	200	107,8 + 2,0	Käytössä
Nuolivaara	N163 5.7 MW	160	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 tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 6 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

Melumallinnus on suoritettu WindPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

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

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

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmiö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja 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

Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

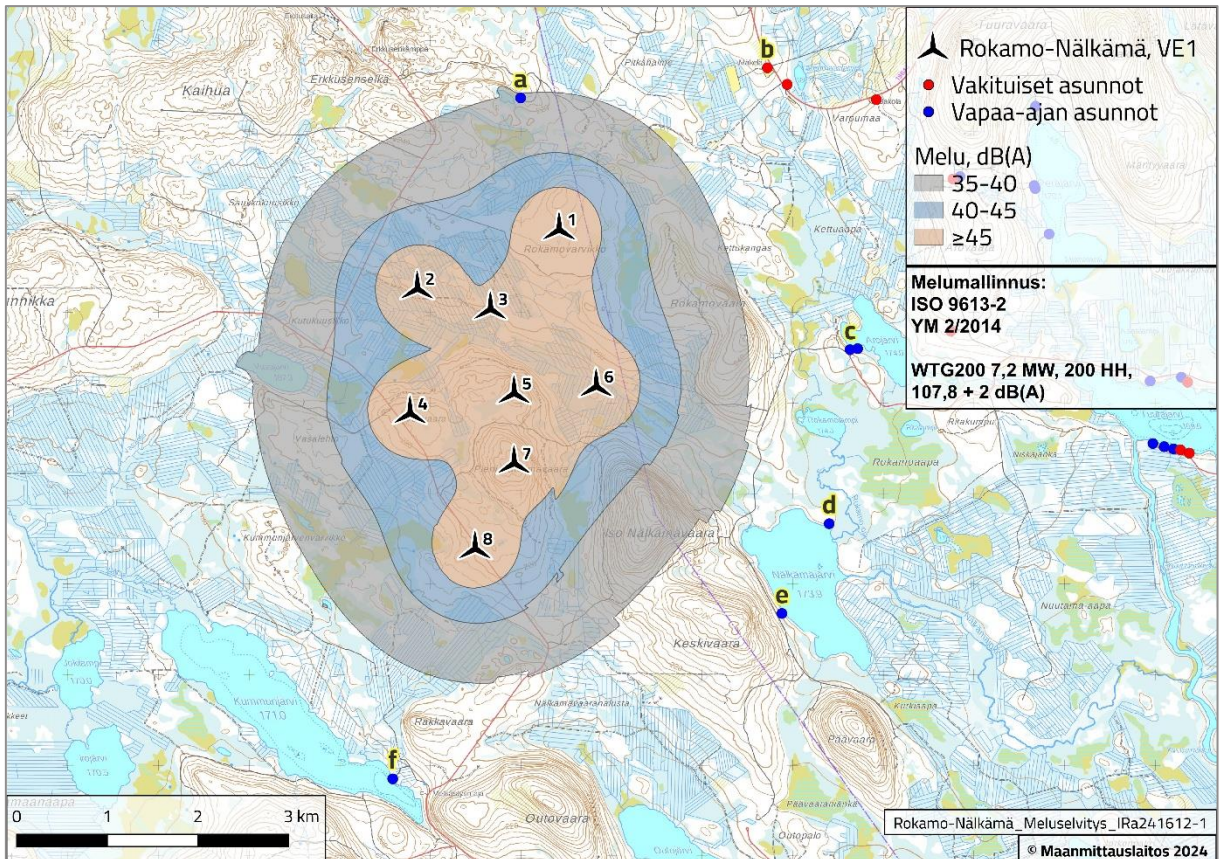
6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

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

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

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, 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 8 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 1. Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston melumallinnus (VE1), WTG200 7,2MW 200HH, 107,8 +2,0 dB(A). Kuusi havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

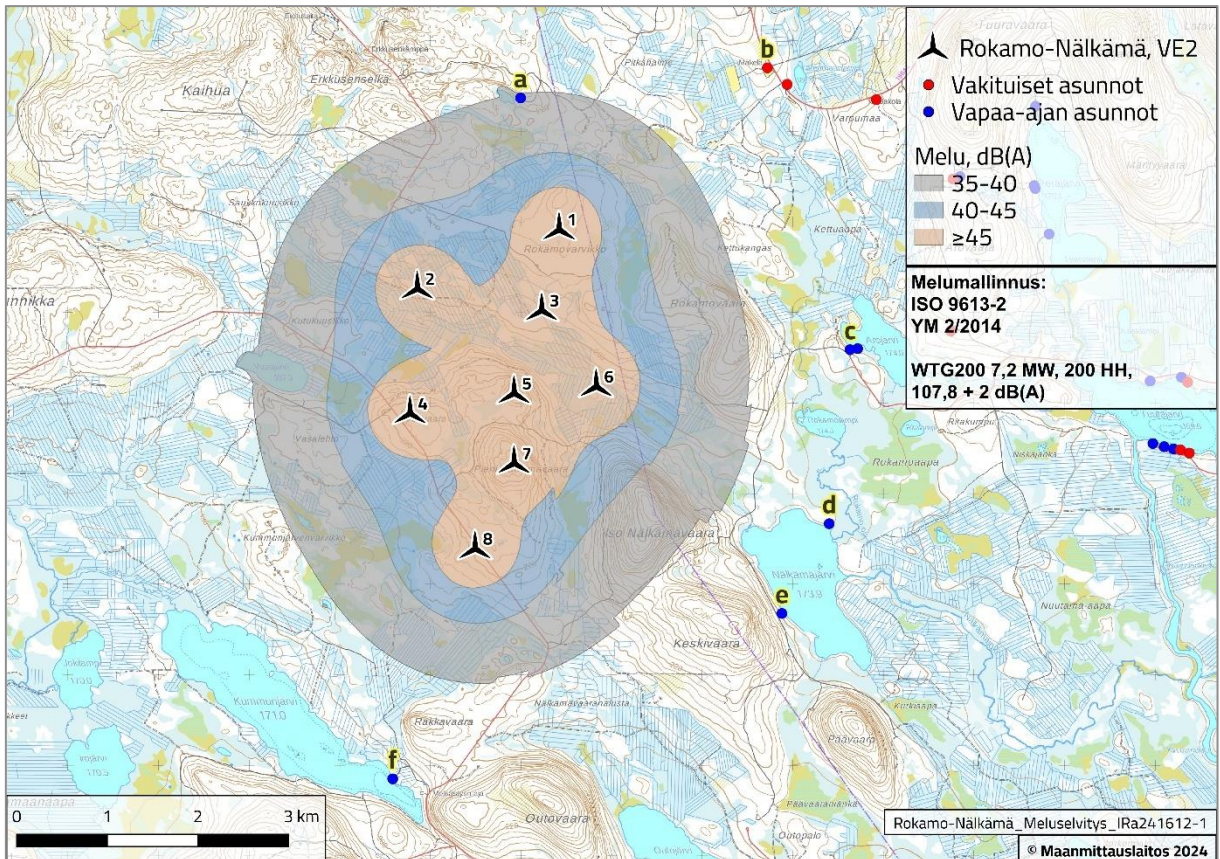
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

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 35,3 dB(A) (vapaa-ajan asunto a).

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



Kuva 2. Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston melumallinnus (VE2), WTG200 7,2MW 200HH, 107,8 +2,0 dB(A). Kuusi havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

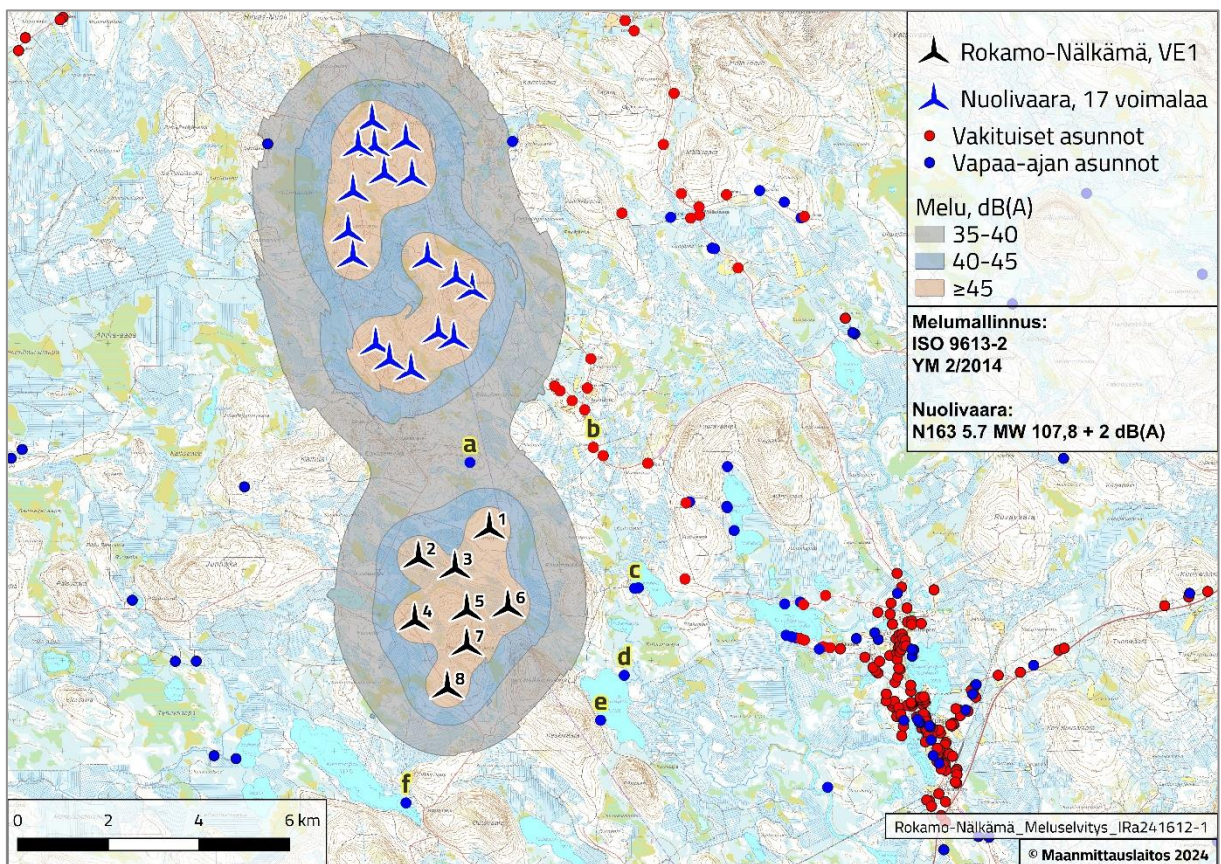
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

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 35,3 dB(A) (vapaa-ajan asunto a).

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

6.5 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE1

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Rokamo-Nälkämän melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE1 mukaisia voimalapaikkoja (8 voimalaa) ja voimalamallia WTG200 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on mallinnettu voimalatyypillä Nordex N163 5.7 MW MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 160 metriä. Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

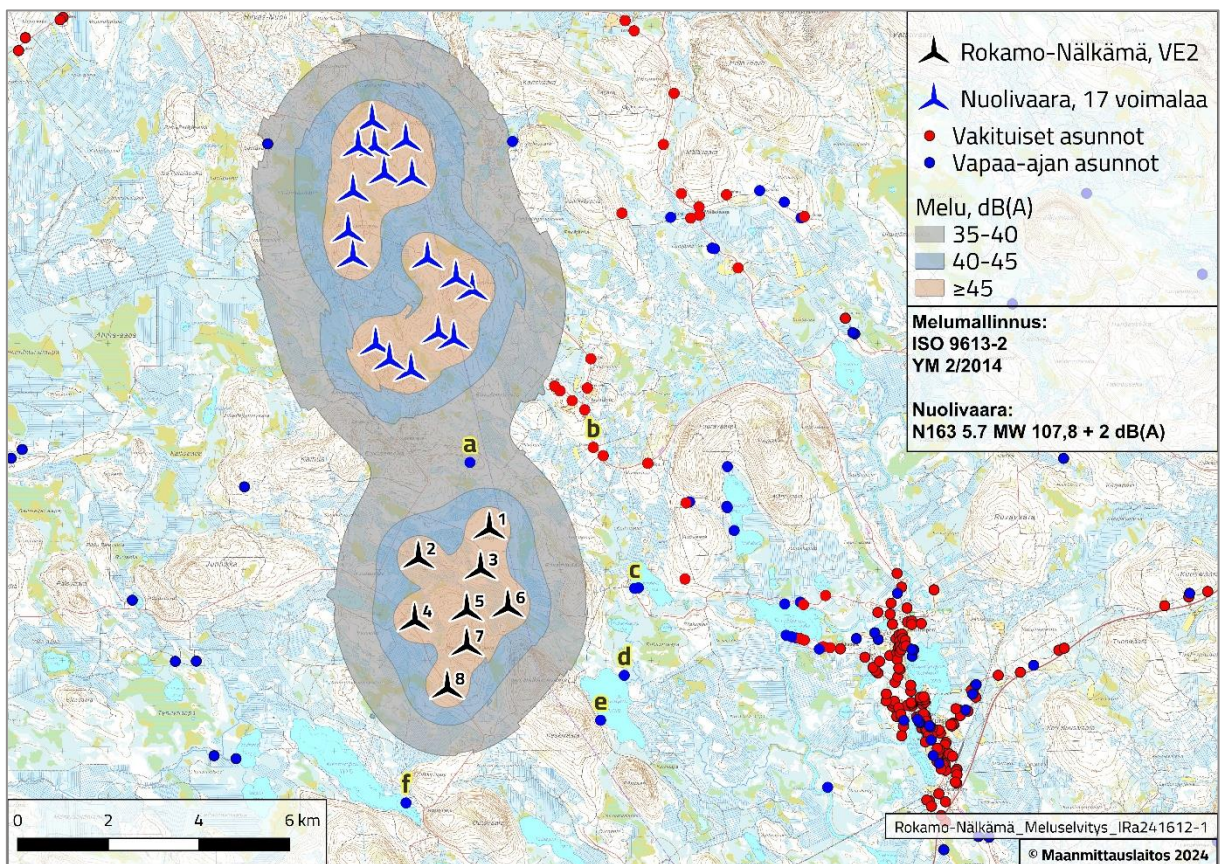


Kuva 3. Rokamo-Nälkämän (VE1) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Rokamo-Nälkämän alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 36,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto a). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE2

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Rokamo-Nälkämän melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE2 mukaisia voimalapaikkoja (8 voimalaa) ja voimalamallia WTG200 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on mallinnettu voimalatyypillä Nordex N163 5.7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 160 metriä. Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 4. Rokamo-Nälkämän (VE2) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Rokamo-Nälkämän alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 36,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto a). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

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 Rokamo-Nälkämän 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 tuulivoimapuiston 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 meluseelvityksen 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>

Nordex (2024). Third Octave Sound Power Levels Nordex N163/5.X. F008_276_A17_EN.

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>

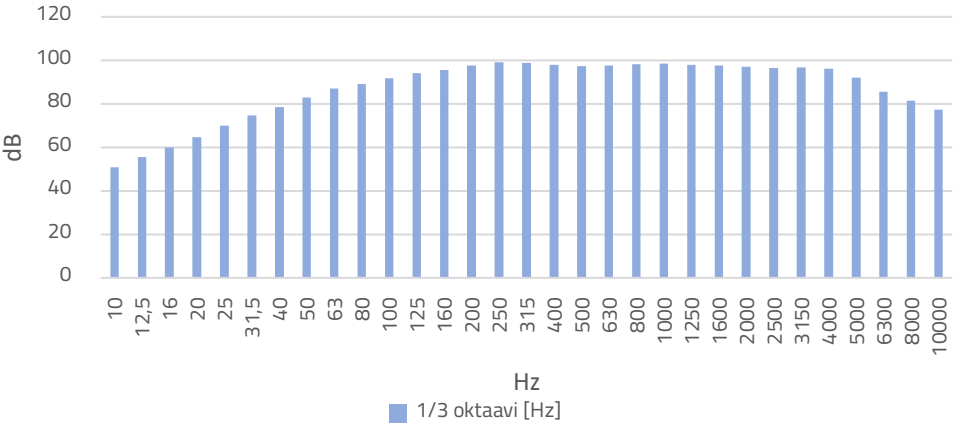
Vestas (2022). *Third Octave Noise emission EnVentus™ WTG200-7.2MW*. DMS 0128-4336_00.
 Date: 2022-06-30

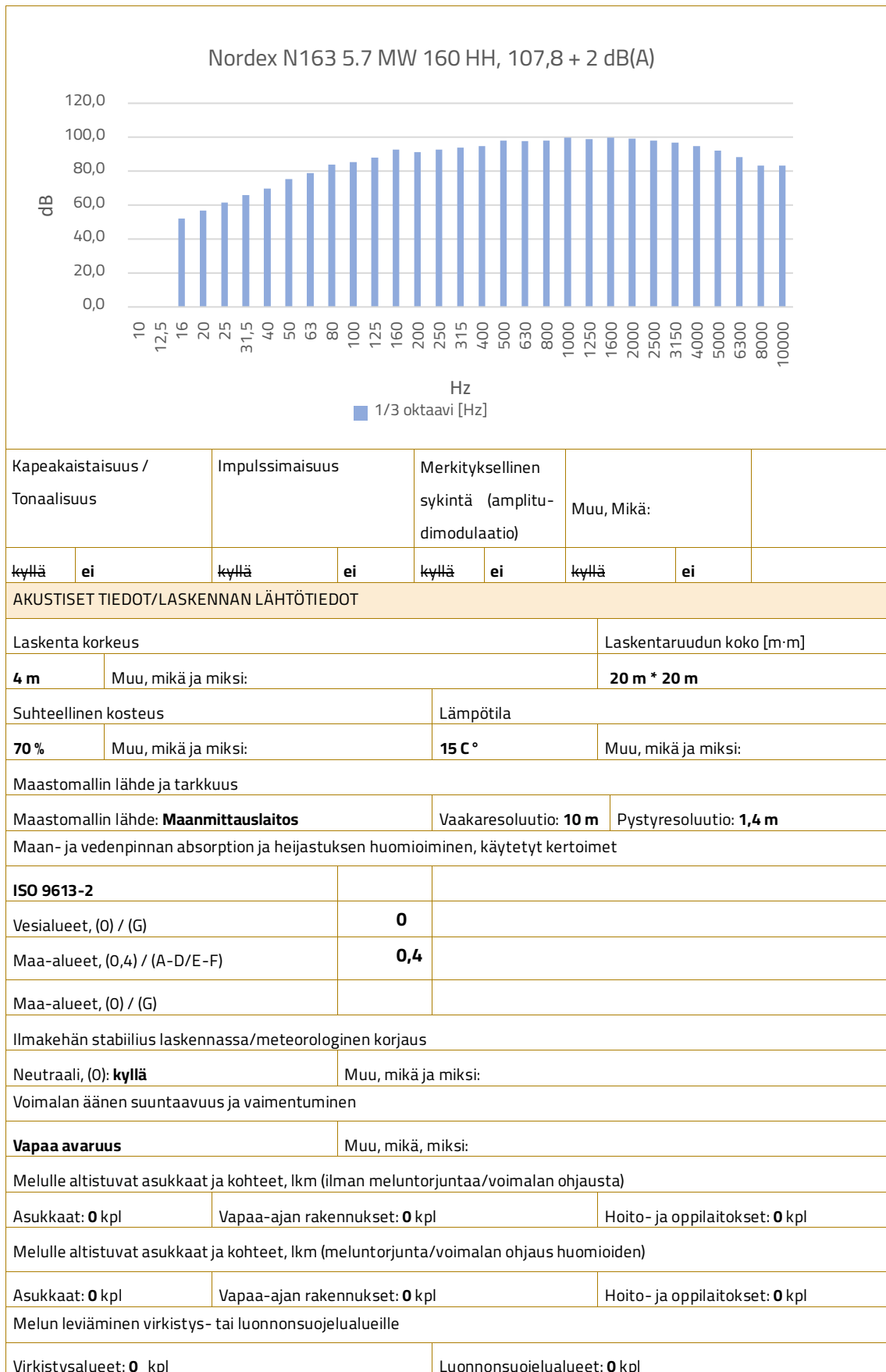
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*. Saatavilla:
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

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, ROKAMO-NÄLKÄMÄ

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä																																																																	
Mallinnusraportti numero/tunniste: IRa241612-1			Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 17.12.2024																																																																		
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440																																																																					
Vastuuhenkilöt: Ilona Rämä																																																																					
Laatija: Ilona Rämä			Tarkastaja/hyväksyjä: Ilmari Katajamäki																																																																		
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT																																																																					
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver4.1			Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2																																																																		
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)																																																																					
Tuulivoimalan valmistaja: -			Tyyppi: WTG200 7,2 MW		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 WTG200 7,2 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuarvo: 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A))																																																																					
<p style="text-align: center;">Vestas WTG200 7.2 MW 200 HH, 107,8 + 2 dB(A)</p>  <table border="1"> <caption>Estimated data from the sound pressure level chart</caption> <thead> <tr> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Sound Pressure Level (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>50</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>55</td></tr> <tr><td>16</td><td>60</td></tr> <tr><td>20</td><td>65</td></tr> <tr><td>25</td><td>70</td></tr> <tr><td>31,5</td><td>75</td></tr> <tr><td>40</td><td>80</td></tr> <tr><td>50</td><td>85</td></tr> <tr><td>63</td><td>88</td></tr> <tr><td>80</td><td>90</td></tr> <tr><td>100</td><td>92</td></tr> <tr><td>125</td><td>93</td></tr> <tr><td>160</td><td>94</td></tr> <tr><td>200</td><td>95</td></tr> <tr><td>250</td><td>96</td></tr> <tr><td>315</td><td>97</td></tr> <tr><td>400</td><td>96</td></tr> <tr><td>500</td><td>95</td></tr> <tr><td>630</td><td>94</td></tr> <tr><td>800</td><td>93</td></tr> <tr><td>1000</td><td>92</td></tr> <tr><td>1250</td><td>91</td></tr> <tr><td>1600</td><td>90</td></tr> <tr><td>2000</td><td>89</td></tr> <tr><td>2500</td><td>88</td></tr> <tr><td>3150</td><td>87</td></tr> <tr><td>4000</td><td>86</td></tr> <tr><td>5000</td><td>85</td></tr> <tr><td>6300</td><td>84</td></tr> <tr><td>8000</td><td>83</td></tr> <tr><td>10000</td><td>82</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">■ 1/3 oktaavi [Hz]</p>						Frequency (Hz)	Sound Pressure Level (dB)	10	50	12,5	55	16	60	20	65	25	70	31,5	75	40	80	50	85	63	88	80	90	100	92	125	93	160	94	200	95	250	96	315	97	400	96	500	95	630	94	800	93	1000	92	1250	91	1600	90	2000	89	2500	88	3150	87	4000	86	5000	85	6300	84	8000	83	10000	82
Frequency (Hz)	Sound Pressure Level (dB)																																																																				
10	50																																																																				
12,5	55																																																																				
16	60																																																																				
20	65																																																																				
25	70																																																																				
31,5	75																																																																				
40	80																																																																				
50	85																																																																				
63	88																																																																				
80	90																																																																				
100	92																																																																				
125	93																																																																				
160	94																																																																				
200	95																																																																				
250	96																																																																				
315	97																																																																				
400	96																																																																				
500	95																																																																				
630	94																																																																				
800	93																																																																				
1000	92																																																																				
1250	91																																																																				
1600	90																																																																				
2000	89																																																																				
2500	88																																																																				
3150	87																																																																				
4000	86																																																																				
5000	85																																																																				
6300	84																																																																				
8000	83																																																																				
10000	82																																																																				
Melupäästötiedot Nordex N163 5.7 MW 160 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuarvo: 107,8 dB(A)+2,0 dB(A))																																																																					



LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Rokamo-Nälkämän 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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411307	40	35,3	35,3	Ei
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	40	29,0	29,0	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	40	30,3	30,3	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	40	29,8	29,8	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	40	29,6	29,6	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	40	29,1	29,1	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Rokamo-Nälkämän ja naapuripuiston yhteisvaikutukset. 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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411307	40	36,9	36,9	Ei
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	40	31,2	31,2	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	40	30,8	30,8	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	40	30,2	30,2	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	40	30,0	30,0	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	40	29,4	29,4	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE1)

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 Rokamo-Nälkämän vaihtoehdolle VE1 (8 tuulivoimalaa).

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

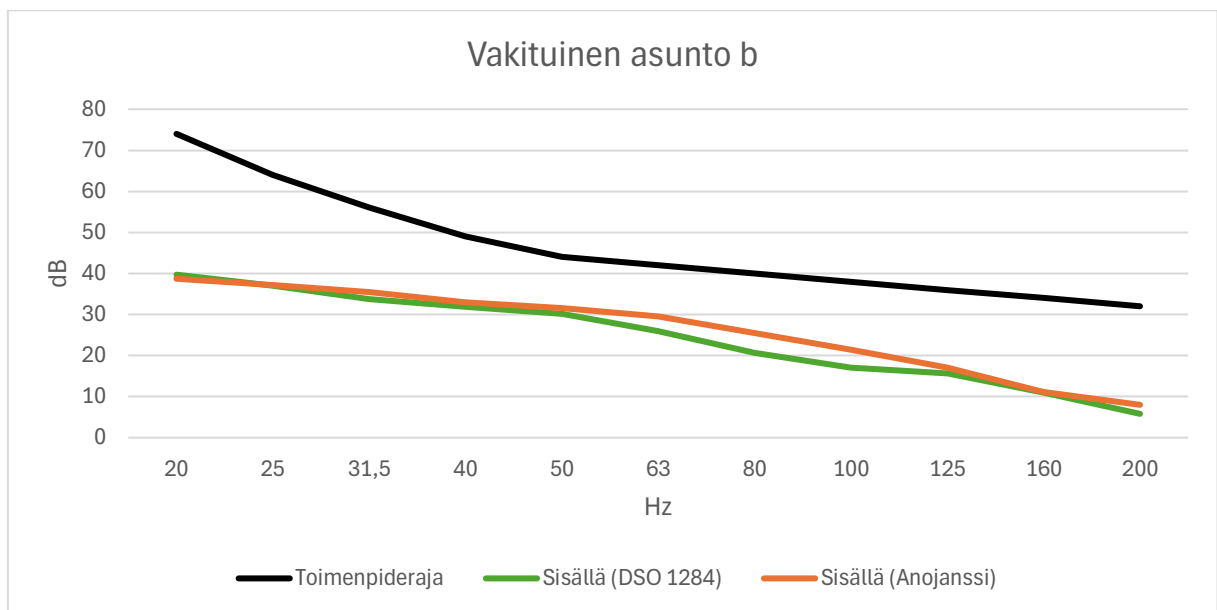
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	50.4	46.3	47.3	47.0	46.8	46.3
25	49.6	45.4	46.4	46.1	46.0	45.5
31,5	48.8	44.6	45.5	45.2	45.1	44.6
40	47.5	43.3	44.3	44.0	43.8	43.3
50	47.4	43.1	44.1	43.8	43.7	43.1
63	46.8	42.5	43.4	43.1	43.0	42.5
80	44.6	40.3	41.3	40.9	40.8	40.3
100	42.8	38.3	39.3	39.0	38.9	38.3
125	40.6	35.9	36.9	36.6	36.5	35.9
160	37.3	32.2	33.3	33.0	32.8	32.3
200	36.3	30.8	32.0	31.6	31.5	30.9

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

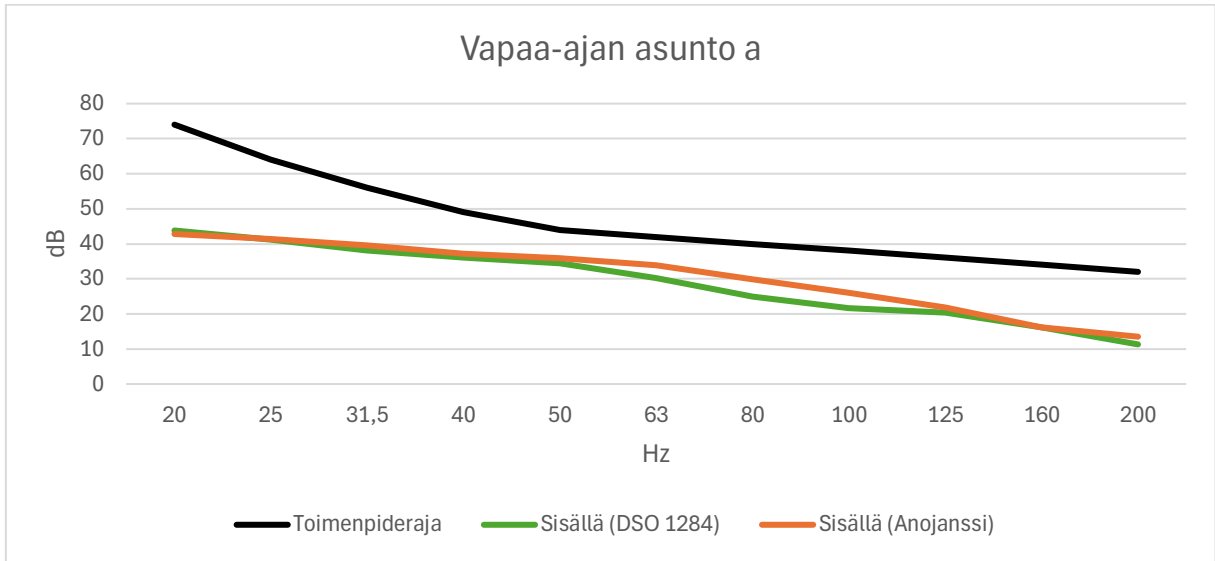
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	43.8	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7
25	41.2	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
31,5	38.0	33.8	33.8	33.8	33.8	33.8
40	36.1	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9
50	34.4	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
63	30.2	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9
80	24.9	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
100	21.6	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
125	20.4	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
160	16.1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
200	11.3	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	42.8	38.7	39.7	39.4	39.2	38.7
25	41.3	37.1	38.1	37.8	37.7	37.2
31,5	39.6	35.4	36.3	36.0	35.9	35.4
40	37.2	33.0	34.0	33.7	33.5	33.0
50	35.9	31.6	32.6	32.3	32.2	31.6
63	33.8	29.5	30.4	30.1	30.0	29.5
80	29.8	25.5	26.5	26.1	26.0	25.5
100	26.0	21.5	22.5	22.2	22.1	21.5
125	21.8	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
160	16.2	11.1	12.2	11.9	11.7	11.2
200	13.5	8.0	9.2	8.8	8.7	8.1



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



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

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 Rokamo-Nälkämän vaihtoehdolle VE2 (8 tuulivoimalaa).

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

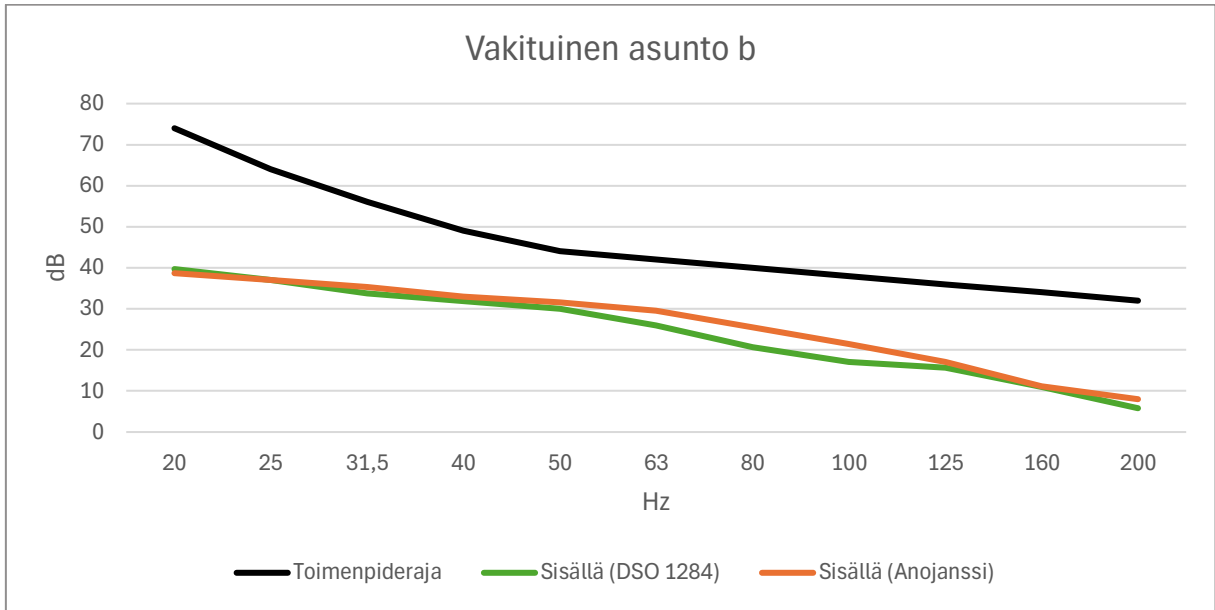
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	50.4	46.3	47.3	47.0	46.8	46.3
25	49.6	45.4	46.4	46.1	46.0	45.5
31,5	48.8	44.6	45.5	45.2	45.1	44.6
40	47.5	43.3	44.3	44.0	43.8	43.3
50	47.4	43.1	44.1	43.8	43.7	43.1
63	46.8	42.5	43.4	43.1	43.0	42.5
80	44.6	40.3	41.3	40.9	40.8	40.3
100	42.8	38.3	39.3	39.0	38.9	38.3
125	40.6	35.9	36.9	36.6	36.5	35.9
160	37.3	32.2	33.3	33.0	32.8	32.3
200	36.3	30.8	32.0	31.6	31.5	30.9

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

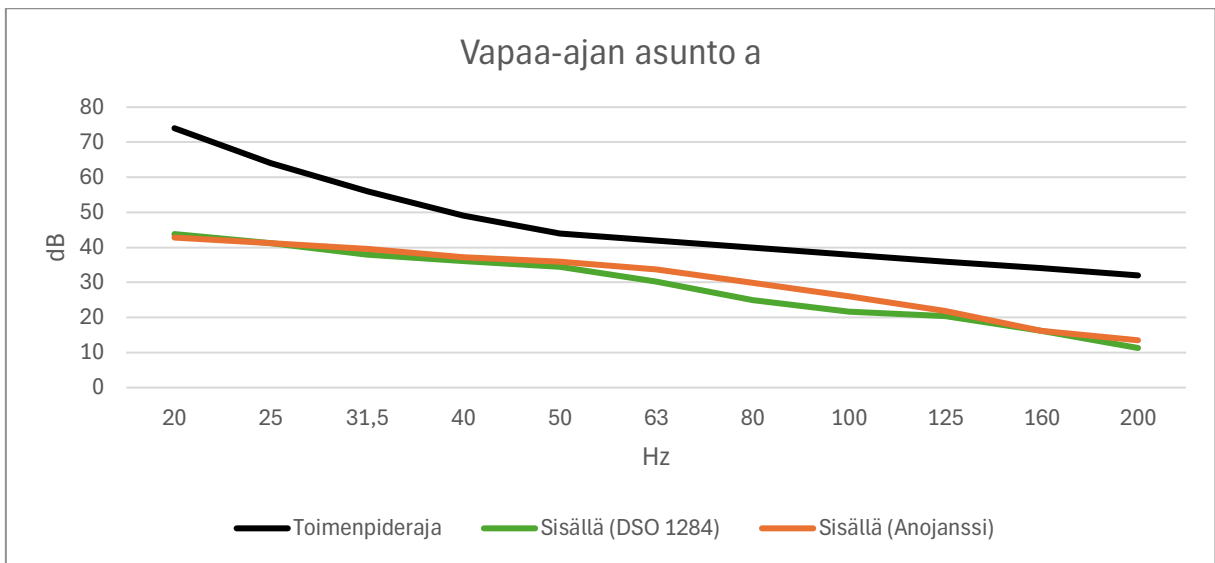
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	43.8	39.7	40.7	40.4	40.2	39.7
25	41.2	37.0	38.0	37.7	37.6	37.1
31,5	38.0	33.8	34.7	34.4	34.3	33.8
40	36.1	31.9	32.9	32.6	32.4	31.9
50	34.4	30.1	31.1	30.8	30.7	30.1
63	30.2	25.9	26.8	26.5	26.4	25.9
80	24.9	20.6	21.6	21.2	21.1	20.6
100	21.6	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
125	20.4	15.7	16.7	16.4	16.3	15.7
160	16.1	11.0	12.1	11.8	11.6	11.1
200	11.3	5.8	7.0	6.6	6.5	5.9

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	42.8	38.7	39.7	39.4	39.2	38.7
25	41.3	37.1	38.1	37.8	37.7	37.2
31,5	39.6	35.4	36.3	36.0	35.9	35.4
40	37.2	33.0	34.0	33.7	33.5	33.0
50	35.9	31.6	32.6	32.3	32.2	31.6
63	33.8	29.5	30.4	30.1	30.0	29.5
80	29.8	25.5	26.5	26.1	26.0	25.5
100	26.0	21.5	22.5	22.2	22.1	21.5
125	21.8	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
160	16.2	11.1	12.2	11.9	11.7	11.2
200	13.5	8.0	9.2	8.8	8.7	8.1



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



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

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 Rokamo-Nälkämä (8 voimalaa) ja naapuripuisto Nuolivaara (17 tuulivoimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 15. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

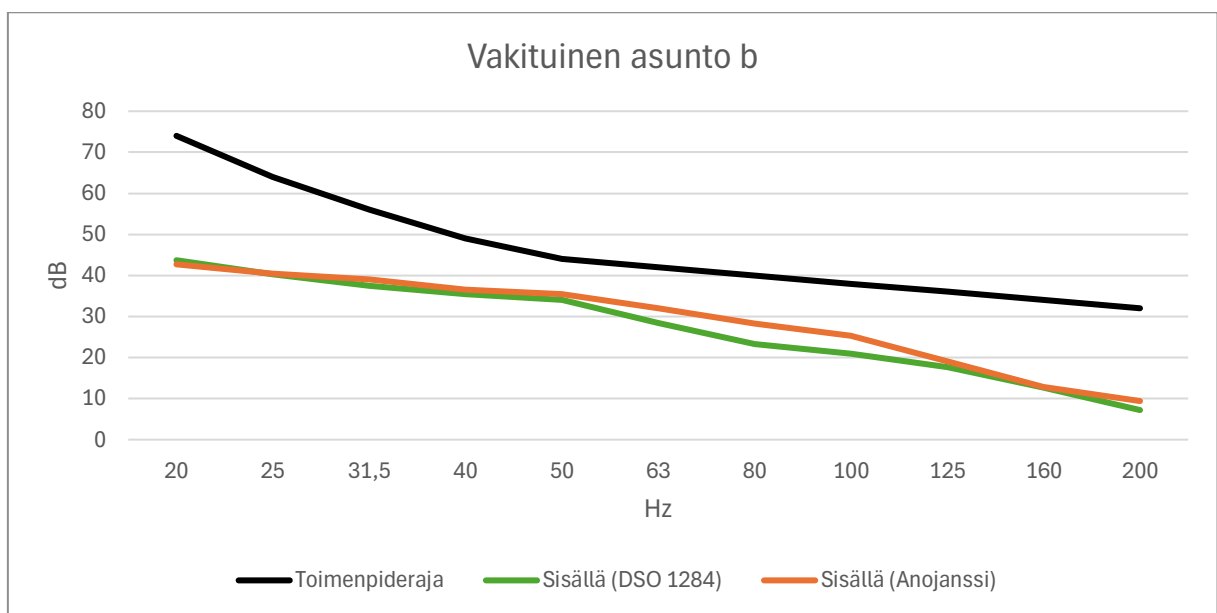
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	53.7	50.3	49.1	48.4	48.2	47.6
25	52.2	48.7	47.8	47.2	47.0	46.4
31,5	51.8	48.3	47.1	46.5	46.3	45.7
40	50.4	46.9	45.8	45.2	44.9	44.4
50	50.5	47.0	45.7	45.1	44.8	44.3
63	48.7	45.0	44.4	43.8	43.7	43.1
80	46.8	43.0	42.2	41.7	41.5	40.9
100	45.9	42.1	40.7	40.0	39.8	39.2
125	42.1	37.8	37.5	37.0	36.8	36.2
160	38.6	33.9	33.8	33.2	33.1	32.5
200	37.4	32.2	32.3	31.8	31.6	31.0

Taulukko 16. Pientaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

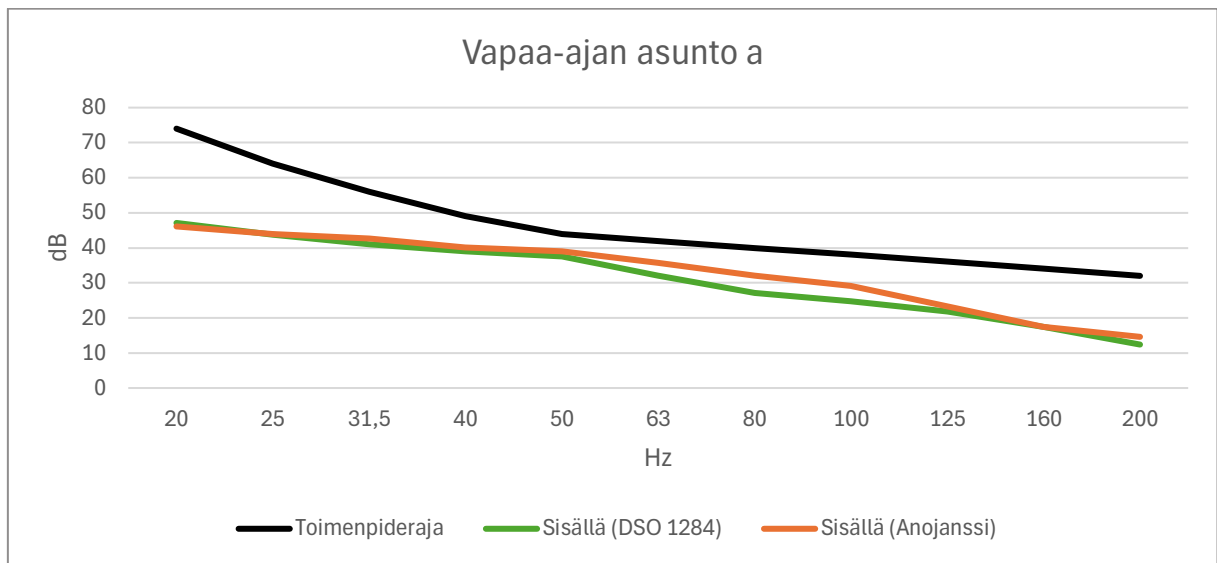
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	47.1	43.7	42.5	41.8	41.6	41.0
25	43.8	40.3	39.4	38.8	38.6	38.0
31,5	41.0	37.5	36.3	35.7	35.5	34.9
40	39.0	35.5	34.4	33.8	33.5	33.0
50	37.5	34.0	32.7	32.1	31.8	31.3
63	32.1	28.4	27.8	27.2	27.1	26.5
80	27.1	23.3	22.5	22.0	21.8	21.2
100	24.7	20.9	19.5	18.8	18.6	18.0
125	21.9	17.6	17.3	16.8	16.6	16.0
160	17.4	12.7	12.6	12.0	11.9	11.3
200	12.4	7.2	7.3	6.8	6.6	6.0

Taulukko 17. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	46.1	42.7	41.5	40.8	40.6	40.0
25	43.9	40.4	39.5	38.9	38.7	38.1
31,5	42.6	39.1	37.9	37.3	37.1	36.5
40	40.1	36.6	35.5	34.9	34.6	34.1
50	39.0	35.5	34.2	33.6	33.3	32.8
63	35.7	32.0	31.4	30.8	30.7	30.1
80	32.0	28.2	27.4	26.9	26.7	26.1
100	29.1	25.3	23.9	23.2	23.0	22.4
125	23.3	19.0	18.7	18.2	18.0	17.4
160	17.5	12.8	12.7	12.1	12.0	11.4
200	14.6	9.4	9.5	9.0	8.8	8.2



Kuva 9. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa b.



Kuva 10. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

LIITE 6: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (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 tilanteessa, jossa Rokamo-Nälkämä (8 voimalaa) ja naapuripuisto Nuolivaara (17 tuulivoimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 18. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

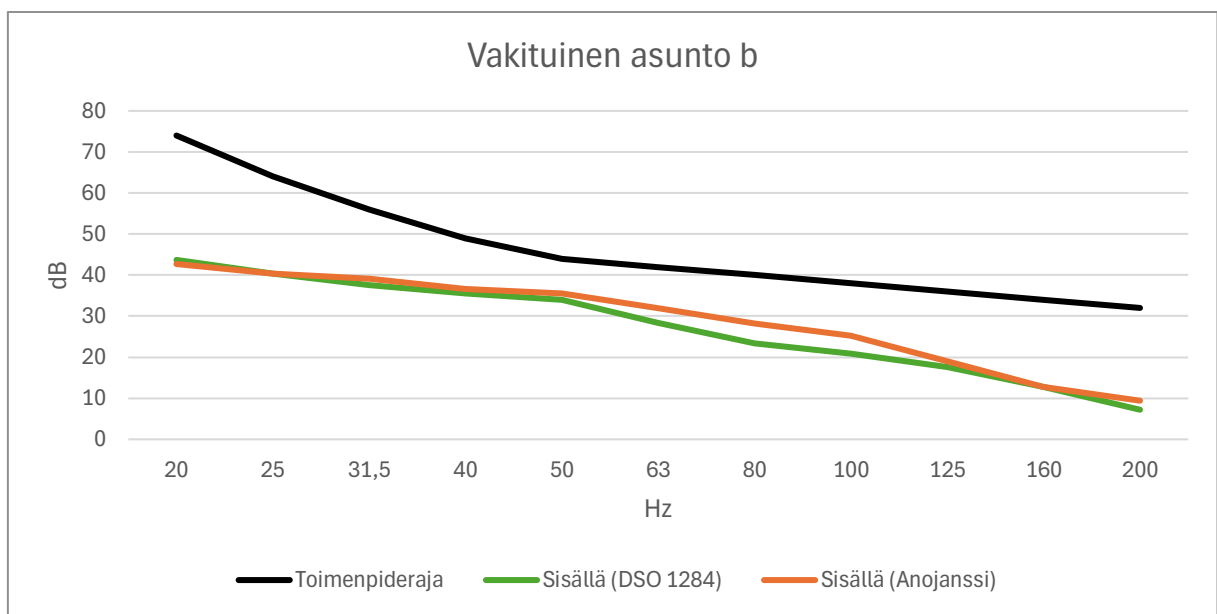
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	53.7	50.3	49.1	48.4	48.2	47.6
25	52.2	48.7	47.8	47.2	47.0	46.4
31,5	51.8	48.3	47.1	46.5	46.3	45.7
40	50.4	46.9	45.8	45.2	44.9	44.4
50	50.5	47.0	45.7	45.1	44.8	44.3
63	48.7	45.0	44.4	43.8	43.7	43.1
80	46.8	43.0	42.2	41.7	41.5	40.9
100	45.9	42.1	40.7	40.0	39.8	39.2
125	42.1	37.8	37.5	37.0	36.8	36.2
160	38.6	33.9	33.8	33.2	33.1	32.5
200	37.4	32.2	32.3	31.8	31.6	31.0

Taulukko 19. Pientaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen D50 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

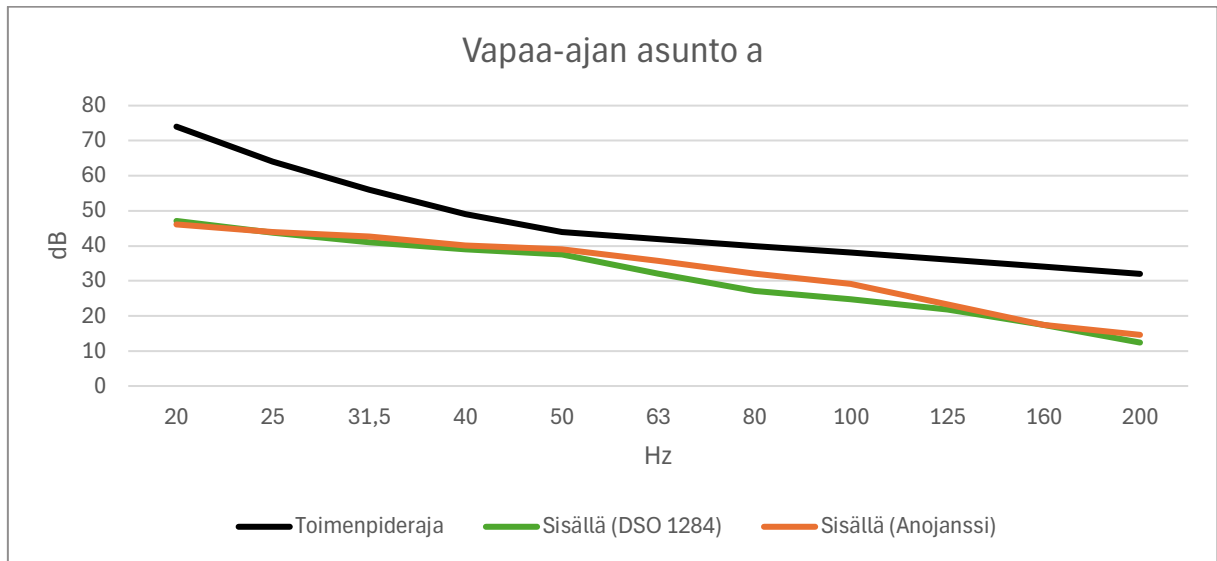
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	47.1	43.7	42.5	41.8	41.6	41.0
25	43.8	40.3	39.4	38.8	38.6	38.0
31,5	41.0	37.5	36.3	35.7	35.5	34.9
40	39.0	35.5	34.4	33.8	33.5	33.0
50	37.5	34.0	32.7	32.1	31.8	31.3
63	32.1	28.4	27.8	27.2	27.1	26.5
80	27.1	23.3	22.5	22.0	21.8	21.2
100	24.7	20.9	19.5	18.8	18.6	18.0
125	21.9	17.6	17.3	16.8	16.6	16.0
160	17.4	12.7	12.6	12.0	11.9	11.3
200	12.4	7.2	7.3	6.8	6.6	6.0

Taulukko 20. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	46.1	42.7	41.5	40.8	40.6	40.0
25	43.9	40.4	39.5	38.9	38.7	38.1
31,5	42.6	39.1	37.9	37.3	37.1	36.5
40	40.1	36.6	35.5	34.9	34.6	34.1
50	39.0	35.5	34.2	33.6	33.3	32.8
63	35.7	32.0	31.4	30.8	30.7	30.1
80	32.0	28.2	27.4	26.9	26.7	26.1
100	29.1	25.3	23.9	23.2	23.0	22.4
125	23.3	19.0	18.7	18.2	18.0	17.4
160	17.5	12.8	12.7	12.1	12.0	11.4
200	14.6	9.4	9.5	9.0	8.8	8.2



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



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

LIITE 7: SIOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	540420	7409928	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
2	538854	7409276	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
3	539661	7409051	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
4	538774	7407899	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
5	539922	7408121	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
6	540829	7408196	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
7	539922	7407349	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
8	539492	7406406	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)

Taulukko 22. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	540420	7409928	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
2	538854	7409276	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
3	540228	7409036	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
4	538774	7407899	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
5	539922	7408121	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
6	540829	7408196	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
7	539922	7407349	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
8	539492	7406406	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)

Taulukko 23. Nuolivaaran voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	537303	7416484	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
2	537409	7415920	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
3	537411	7417374	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
4	537523	7418361	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
5	537832	7418926	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
6	537883	7418369	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
7	537912	7413993	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
8	538100	7417762	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
9	538215	7413653	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
10	538576	7418493	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
11	538692	7413422	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
12	538713	7417702	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
13	539053	7415897	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
14	539292	7414253	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
15	539636	7414115	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
16	539685	7415463	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
17	540046	7415195	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)